

**EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE MATERIAL PARTICULADO  
 $PM_{10}$  PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL  
TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE  
SANTIAGO DE CALI.**

**ANA MARÍA VÉLEZ BOHÓRQUEZ**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA  
SANTIAGO DE CALI  
2018**

**EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE MATERIAL PARTICULADO  
 $PM_{10}$  PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL  
TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE  
SANTIAGO DE CALI.**

**ANA MARÍA VÉLEZ BOHÓRQUEZ**

**Trabajo de grado para optar por el título de:  
Ingeniera Topográfica**

**TRABAJO DE GRADO DIRIGIDO POR:  
JUAN PABLO SILVA VINASCO  
PhD(C)**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA  
SANTIAGO DE CALI  
2018**

## **DEDICATORIA**

**Para ti, que en la oscuridad eres luz.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Esifredo Vélez Vallecilla y Luz Mery Bohórquez Bernate, por su apoyo, esfuerzo y perseverancia durante toda mi vida y en especial durante este ciclo profesional, infinitas gracias por la educación que me proporcionaron y su dedicación, sin ustedes no sería la persona que hoy en día soy.

Juan Pablo Silva Vinasco, PhD (C), Profesor asociado de tiempo completo al Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad del Valle, por aceptar dirigirme durante este trabajo de grado, por su apoyo y acompañamiento, sus apreciados aportes, críticas, comentarios y sugerencias, por su empuje, asistencia y paciencia desde el inicio de este proceso y por todos sus aportes profesionales y conocimientos de la contaminación atmosférica.

Hiran Jeison Flórez Pinzón y Olga Alejandra Ramírez, por su disposición de tiempo, paciencia, constante ayuda y soporte en el desarrollo de este estudio.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca- CVC e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM, agradezco el suministro de base de datos de las estaciones meteorológicas, las cuales fueron un insumo primordial en el desarrollo de la modelación del presente trabajo.

Geraldine Cabezas y Diego Mariaca, por su amistad, colaboración y acompañamiento desinteresado durante este proceso.

A mi familia y amigos, muchas gracias por su acompañamiento, motivación, apoyo moral y ayuda en diversos momentos.



## Contenido

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	4
3. OBJETIVOS .....	7
3.1 Objetivo General.....	7
3.2 Objetivos Específicos.....	7
4. MARCO TEÓRICO .....	8
4.1. Contaminación atmosférica.....	8
4.2 Fuentes de emisión y principales contaminantes en ambientes urbanos...	9
4.3 Gestión calidad del aire .....	10
4.4 Inventario de emisiones .....	11
4.5 Modelo <i>International Vehicle Emissions</i> (IVE).....	13
4.6 Modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos .....	15
4.7 Modelo <i>Industrial Source Complex Short Term</i> (ISCST3).....	18
5. METODOLOGÍA .....	20
5.1 Área de estudio.....	20
5.2 Inventario de emisiones .....	22
5.2.1 Recopilación de información para el inventario de emisiones.....	23
5.2.2 Información de datos de campo .....	23
5.2.3 Recolección de información meteorológica de la zona .....	26
5.3 Modelación de la dispersión de las emisiones.....	27
5.3.1 Archivo de datos de entrada .....	28
5.3.2 Archivo de datos meteorológicos .....	28
5.4 Integración de los datos obtenidos de forma espacial .....	29
5.5 Comparación de las concentraciones obtenidas en el modelo ISCST3 con Normativas Nacionales e Internacionales.....	30
6. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	31
6.1 Inventario de emisiones .....	31
6.1.1. Diagnóstico del parque automotor del SITM-MIO .....	31
6.1.2 Aforo vehicular en el tramo de estudio .....	31

6.1.3 Cálculo de emisiones .....	35
6.2 Modelación de la dispersión de las emisiones.....	45
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
8. BIBLIOGRAFÍA .....	62
ANEXOS .....	70

## Índice de figuras

Figura 1 Esquema de la gestión de la calidad del aire .....	11
Figura 2 Estructura interna del modelo IVE.....	14
Figura 3 Datos requeridos para el modelo ISCST3.....	19
Figura 4. Ubicación del área de estudio – Tramo Troncal.....	20
Figura 5 Identificación de las comunas influyentes en el área de estudio seleccionada.. .....	21
Figura 6 Distribución de equipamientos presentes en la zona de estudio según su servicio.. .....	22
Figura 7 Tramos ubicados sobre el corredor Troncal perteneciente a la zona de estudio.....	24
Figura 8 Ubicación gráfica de los puntos de aforo sobre el corredor troncal.....	25
Figura 9 Estaciones meteorológicas empleadas en el estudio.....	27
Figura 10. Procesamiento de los datos meteorológicos para ISCST3S.....	28
Figura 11 Buses articulados del SITM-MIO aforados en la zona de estudio.....	32
Figura 12 Flujo de articulados en el primer punto de aforo sobre el corredor Troncal entre las estaciones: San Pascual – Manzana del Saber.....	33
Figura 13 Flujo de articulados en el segundo punto de aforo sobre el corredor Troncal entre las estaciones: Manzana del Saber – Unidad Deportiva.....	33
Figura 14 Flujo de articulados en el tercer punto aforado sobre el corredor Troncal entre las estaciones: Unidad Deportiva - La Buitrera. ....	34
Figura 15 Emisiones de <i>PM</i> <sub>10</sub> según el tipo de EURO para el primer tramo: Estación San Pascual-Estacion Manzana del Saber.....	36
Figura 16 Emisiones de <i>PM</i> <sub>10</sub> según tipo de EURO para el segundo tramo: Estación Manzana del Saber – Estación Unidad Deportiva. ....	37
Figura 17 Emisiones de <i>PM</i> <sub>10</sub> según tipo de EURO para el tercer tramo: Estación Unidad Deportiva – Estación Caldas.....	38
Figura 18 Emisiones de <i>PM</i> <sub>10</sub> según tipo de EURO para el cuarto tramo: Estación Caldas – Estación La Buitrera.. .....	39
Figura 19. Emisiones acumuladas de <i>PM</i> <sub>10</sub> según el tipo de tecnología de control .....	40

Figura 20 Emisiones totales diarias de <i>PM</i> 10 de cada uno de los tramos del corredor troncal comprendido entre la estación San Pascual – La Buitrera.....	40
Figura 21 Emisiones de <i>PM</i> 10 para el primer tramo: Estación San Pascual - Estación Manzana del Saber.....	41
Figura 22 Emisiones de <i>PM</i> 10 para el segundo tramo: Estación Manzana del Saber - Estación Unidad Deportiva. ....	42
Figura 23 Emisiones de <i>PM</i> 10 para el tercer tramo: Estación Unidad Deportiva - Estación Caldas. ....	43
Figura 24 Emisiones de <i>PM</i> 10 para el cuarto tramo: Estación Caldas -Estación La Buitrera.....	44
Figura 25 Concentraciones máximas diarias de <i>PM</i> 10 obtenidas para la zona de estudio.....	46
Figura 26. Mapa de concentraciones por día de <i>PM</i> 10 en el primer tramo: San Pascual – Manzana del Saber.....	47
Figura 27. Mapa de concentraciones por día de <i>PM</i> 10 en el segundo tramo: Manzana del Saber – Unidad Deportiva.....	48
Figura 28. Mapa de concentraciones por día de <i>PM</i> 10 en el tercer tramo: Unidad Deportiva – Caldas.....	49
Figura 29. Mapa de concentraciones por día de <i>PM</i> 10 en el cuarto tramo: Caldas – La Buitrera.....	50
Figura 30 Comparación de concentraciones diarias de <i>PM</i> 10 de cada tramo de la zona de estudio con normas nacionales e internacionales. ....	51
Figura 31. Concentraciones de <i>PM</i> 10 para el primer tramo: Estación San Pascual - Estación Manzana del Saber. ....	52
Figura 32. Mapa de concentración por hora de <i>PM</i> 10 en el primer tramo: San Pascual – Manzana del Saber.....	53
Figura 33 Concentraciones de <i>PM</i> 10 para el segundo tramo: Estación Manzana del Saber -Estación Unidad Deportiva.. ....	54
Figura 34. Mapa de concentración por hora de <i>PM</i> 10 en el segundo tramo: Manzana del Saber – Unidad Deportiva.....	55
Figura 35 Concentraciones de <i>PM</i> 10 para el tercer tramo: Estación Unidad Deportiva -Estación Caldas. ....	56
Figura 36. Mapa de concentración por hora de <i>PM</i> 10 en el tercer tramo: Unidad Deportiva – Caldas.....	57
Figura 37 Concentraciones de <i>PM</i> 10 para el cuarto tramo: Estación Caldas - Estación La Buitrera. ....	58
. Figura 38.Mapa de concentración por hora de <i>PM</i> 10 en el cuarto tramo: Caldas – La Buitrera.....	59

## Índice de Tablas

Tabla 1 Ventajas y desventajas de la implementación del SITM-MIO.....	5
Tabla 2 Causas y consecuencias de la contaminación atmosférica.....	8
Tabla 3 Principales sustancias emitidas a la atmósfera .....	10
Tabla 4 Algunos Modelos de Emisión para Fuentes Móviles .....	12
Tabla 5 Modelos de dispersión recomendado por la US-EPA.....	17
Tabla 6 Condiciones meteorológicas que definen las clases de estabilidad de Pasquill y Gifford. ....	19
Tabla 7 Orden de las variables meteorológicas para el modelo ISCST3 .....	29
Tabla 8 Sistema de referencia utilizado para el procesamiento de datos. ....	29
Tabla 9 Características de la flota vehicular que circula sobre la zona de estudio. .....	31
Tabla 10 Información tomada en campo para el cálculo de velocidad promedio ..	35
Tabla 11 Comparación de datos de emisión de PM10 en temporalidad horaria....	45

## RESUMEN

El presente trabajo de grado contiene los hallazgos fundamentales realizados para evaluar la dispersión de material particulado  $PM_{10}$  proveniente de los buses del SITM-MIO en la ciudad de Santiago de Cali. En primera instancia, a partir de información suministrada por los operadores del SITM-MIO y mediciones directas, se aplicó el modelo IVE para determinar las emisiones de  $PM_{10}$  generadas por los buses articulados que circulan en el tramo San Pascual – La Buitrera. A partir de las emisiones calculadas se modeló su dispersión utilizando el modelo ISCST3 de la EPA, para determinar las concentraciones ambientales de  $PM_{10}$  en la zona de influencia.

Los resultados indicaron que para una temporalidad horaria, el valor máximo de emisión fue de 0,0023 ton/h, lo cual se presentó a las 8:00 de la mañana en el tramo comprendido entre la Estación Manzana del Saber hasta la Estación Unidad Deportiva, sobre este mismo, para una temporalidad diaria, se obtuvo una emisión máxima de 0,1599 ton/día. Las emisiones provenientes de los articulados con Euro III equivalen al 64,9% de las emisiones totales, lo cual es un hallazgo importante teniendo en cuenta que 103 buses (51%) del SITM funcionan con esta tecnología. En cuanto a la dispersión de  $PM_{10}$ , las concentraciones más críticas se encontraron en el tramo mencionado inicialmente, un valor horario máximo de  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el cual corresponde a las 9:00 de la mañana y con un valor máximo diario de  $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , esto se atribuye a la gran circulación de buses articulados en la zona, ya que en esta se encuentra una terminal intermedia del SITM.

Lo anterior indica que existe influencia de los buses articulados del MIO en el material particulado  $PM_{10}$  en el tramo evaluado para la ciudad de Santiago de Cali.

**Palabras clave:**  $PM_{10}$ , Modelo IVE, Modelo ISCST3, Calidad del Aire.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de sustancias en cantidades y concentraciones tales, que alteran la calidad del mismo y afectan la salud de las personas (Pérez, Rojas y Ordoñez, 2010). Los principales contaminantes en el aire urbano son el material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ), el ozono troposférico ( $O_3$ ), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y el dióxido de azufre ( $SO_2$ ). Estos contaminantes son emitidos desde fuentes fijas, tales como las industrias y desde fuentes móviles como son los vehículos. Sin embargo, se ha establecido que en las zonas urbanas el 80% de los contaminantes atmosféricos es emitido por las fuentes móviles. (IDEAM, 2012)

En Colombia, para el año 2002 el transporte produjo cerca del 85% de las emisiones (Brugman, 2004). La consecuencia de lo anterior es un incremento en la concentración de contaminantes tales como el Material Particulado ( $PM_{10}$ ). El  $PM_{10}$  es el contaminante local de mayor interés en las principales ciudades del país como Medellín, Cali, Barranquilla, donde se supera con frecuencia las normas nacionales de calidad del aire (Martínez López & Bedoya Velásquez, 2007). Particularmente para Cali, en el año 2012 las emisiones relacionadas con el parque automotor en cuanto a material particulado fueron 4004.70 ton/año, es decir 41% (SINA, 2015).

Dado lo anterior, las ciudades colombianas han desarrollado estrategias para reducir los efectos de la contaminación debido a fuentes móviles. Una alternativa que se ha planteado es la implementación de los denominados transportes masivos. Estos sistemas han sido implementados en ciudades como Bucaramanga, Medellín, Bogotá, Pereira, Barranquilla, Cartagena. Los sistemas masivos buscan desacelerar el uso y circulación del vehículo particular con el propósito de reducir la contaminación atmosférica principalmente por material particulado ( $PM_{10}$ ).

Sin embargo, los transportes masivos tienen dificultades operacionales y logísticas, inconformidad por cambios frecuentes de rutas, mayores tiempos de desplazamiento y poca cobertura en las zonas marginales de la ciudad, donde residen los habitantes de menores ingresos, problemas de financiación, conflictos de intereses políticos y económicos, uso de combustible diesel con tecnología de control obsoleta, irregularidad en mantenimiento y exceso del límite de vida útil (Scholl et al., 2016).

Teniendo en cuenta que en Santiago de Cali existe el SITM - MIO desde el año 2009 en fase de funcionamiento y que aún no cuenta con una evaluación del aporte de  $PM_{10}$  proveniente de su flota vehicular, el presente trabajo de grado plantea la evaluación de la dispersión de material particulado  $PM_{10}$  proveniente de los buses del SITM-MIO en el tramo San Pascual-La Buitrera del SITM de la ciudad de Santiago de Cali. En ese sentido la realización de este trabajo aportará al conocimiento del comportamiento del  $PM_{10}$  en esa zona de la ciudad y servirá

como instrumento de evaluación por parte de las autoridades ambientales encargadas de velar por la protección del recurso aire en la ciudad.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La contaminación atmosférica se reconoce como la presencia de sustancias en el aire, en cantidades y duración tal que pueden alterar la salud y el bienestar humano, así como el funcionamiento de los ecosistemas. Esta se presenta debido a la interacción de diferentes fuentes emisoras y contaminantes que éstas producen al igual que, la influencia de factores externos como las condiciones atmosféricas de los lugares donde ocurre este fenómeno (Silva, 2010).

Los contaminantes que se encuentran en la atmósfera son metales pesados, compuestos orgánicos volátiles (VOC) y gases reactivos (NO<sub>x</sub>) como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Entre estos contaminantes se encuentra el material particulado (PM), cuyas fuentes son tanto fijas como móviles; las primeras provienen de chimeneas y las segundas de vehículos. El contaminante local de mayor interés corresponde al PM, principalmente PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> debido a que genera los mayores daños a la salud humana, asociado a enfermedades respiratorias agudas y crónicas, como enfermedades cardiopulmonares y cáncer de pulmón (Brunekreef y Forsberg, 2005; Dockery, Pope y Douglas, 2006; Placeres, 2006; Caiazzo et al., 2013; Franco y Granados, 2016).

En un estudio realizado en 20 ciudades de Estados Unidos (Samet et al., 2000) y 29 ciudades de Europa (Katsouyanni et al., 2001) se encontró que por cada incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>, se incrementa la mortalidad en un 0,46% para Estados Unidos y 0,62% para Europa. Similares resultados fueron obtenidos en Europa Occidental (Cohen et al. 2004) y ciudades asiáticas (HEI, 2004).

En Colombia, los estudios que relacionan la contaminación atmosférica con efectos adversos a la salud, se han llevado a cabo principalmente en Bogotá, Medellín y Cali (Hernández et al., 2000; Solarte et al., 2002; Martínez y Bedoya, 2007; Granada, 2007; Muñoz y Moller, 2010; Franco y Granados, 2016).

Martínez y Bedoya (2007) revelan un aumento en la mortalidad del 80% asociado a un gradiente de 40 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> para la ciudad de Medellín. Es decir, por cada 10 µg/m<sup>3</sup> que se emite a la atmósfera, se podría aumentar en 20% la mortalidad por cáncer de pulmón y seguramente otras tantas muertes cardiorrespiratorias.

Arciniegas et al. (2006) encontró un aumento en el número de consultas por enfermedad respiratoria en Puente Aranda, Bogotá, para un período de latencia de seis días, aun cuando los niveles alcanzados de partículas no excedían las normas ambientales locales.



Por otro lado la expansión del parque automotor genera un incremento de contaminantes, lo cual impacta de forma negativa en el medio ambiente, a medida que aumenta el tráfico de vehículos, aumentan los contaminantes provenientes de estas fuentes móviles. (Colville et al, 2001). Los países en desarrollo, emiten entre un 70% y 80% de la contaminación atmosférica, a causa del tráfico motorizado (Muñoz y Moller, 2010). En Colombia, el sector transporte es el principal responsable de las emisiones contaminantes a la atmósfera; en 2002 produjo cerca del 85% del volumen total de las mismas (Brugman, 2004), las cuales representan el 65% de fuentes de PM<sub>10</sub>, (CALI CÓMOVAMOS, 2015). Debido a esta realidad, la implementación de sistemas de transporte masivo (tipo buses articulado) deben ser eficientes desde el punto de vista de consumo energético, además, limpios con el medio ambiente (Pérez, Rojas y Ordoñez, 2010)

Los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) en varias ciudades del país, han sido concebidos como respuesta a problemas de movilidad, mientras el tema ambiental de estos no es valorado apropiadamente.

El SITM-MIO como un desarrollo social y económico en la ciudad de Cali, ha traído las siguientes ventajas y desventajas para los usuarios de este.

Tabla 1 Ventajas y desventajas de la implementación del SITM-MIO

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor infraestructura.</li> <li>- Actualización de la flota de transporte público.</li> <li>- Regulación de rutas y sobrecupo en los buses (gente colgando por fuera del bus.</li> <li>- Implementación de la cultura de transporte público.</li> <li>- Renovación urbana y recuperación del espacio público.</li> <li>- Reducción de costos de transporte y contaminantes emitidos al medio ambiente.</li> <li>- Integración entre la flota de transporte (MIO-CABLE, buses alimentadores, pretroncales y articulados )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultades operacionales y logísticas.</li> <li>- Cambio frecuente de rutas.</li> <li>- Mayores tiempos de desplazamiento y poca cobertura en las zonas marginales de la ciudad, donde residen los habitantes de menores ingresos.</li> <li>- Problemas de financiación.</li> <li>- Conflictos de intereses políticos y económicos.</li> <li>- Uso de combustible diesel con tecnología de control obsoleta.</li> <li>- Irregularidad en mantenimiento.</li> <li>- Exceso del límite de vida útil.</li> </ul>

Fuente: Scholl et al. (2016)

El presente proyecto se justifica desde el aspecto ambiental, partiendo del hecho de que los sistemas de movilidad, con base en SITM en los ambientes urbanos suplen una necesidad relacionada con la movilidad, sin embargo, es necesario determinar si estos sistemas valoran apropiadamente aspectos relacionados con la contaminación atmosférica. Un SITM debe ser eficiente de tal manera que preste un adecuado servicio a los usuarios, maximice el consumo energético y sea “más” limpio con el medio ambiente, para prevenir daños a los ecosistemas y en la salud de las personas. En este sentido es necesario saber cómo se ve afectado el recurso “aire” en la ciudad de Santiago de Cali, en un tramo de alta concentración vehicular, como lo es el comprendido entre la estaciones San Pascual y La Buitrera.

Desde el aspecto técnico, este proyecto contribuirá a fortalecer la gestión de la calidad del aire en la ciudad de Santiago de Cali. Adicionalmente, este tipo de estudios son de interés para entidades como la Secretaría de Tránsito y Transporte, Metrocali, Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente y la Secretaría de Salud.

A partir de lo expuesto surge el siguiente interrogante: ¿Cuál es la variación espacial de las concentraciones ambientales de  $PM_{10}$  debido a las emisiones provenientes del SITM-MIO en el tramo San Pascual – La Buitrera de la ciudad de Santiago de Cali?

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo General

Evaluar la dispersión de material particulado  $PM_{10}$  proveniente de los buses del SITM-MIO en el tramo San Pascual -La Buitrera de la ciudad de Santiago de Cali.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Calcular las emisiones de  $PM_{10}$  provenientes del SITM-MIO usando el Modelo *International Vehicle Emissions* (IVE).
- Modelar la dispersión de las emisiones de  $PM_{10}$  generadas por el SITM-MIO usando el modelo *Industrial Source Complex Short Term* (ISCST3).
- Integrar los datos obtenidos de forma espacial generando una representación gráfica y organizada, lo cual facilite la interpretación de la información.
- Comparar los datos de concentración de  $PM_{10}$  obtenidos con las Normativas y Regulaciones Nacionales e Internacionales.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se define como la presencia en la atmósfera de elementos que alteran su composición y que afectan a cualquier componente del ecosistema (Oyarzun,2010). Desde un punto de vista antropocéntrico la contaminación atmosférica se refiere a los contaminantes que afectan la salud o el bienestar humano o producen otros efectos dañinos en el ambiente (EPA,2007).

En la Tabla 2 se muestran las diferentes causas y consecuencias de la contaminación atmosférica.

Tabla 2 Causas y consecuencias de la contaminación atmosférica

Causas	Ejemplos	Consecuencias
Económicas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Incremento de fuentes móviles</li><li>- Quema de Biomasa</li><li>- Incrementos en el uso de combustibles fósiles</li><li>- Emisiones de GEI</li><li>- Cambio climático (también natural)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Deterioro de la calidad del aire en ecosistemas urbanos y áreas de influencia de vías troncales.</li><li>- Efectos o riesgos a la salud.</li></ul>
Naturales	<ul style="list-style-type: none"><li>- Deforestación y erosión eólica</li><li>- Fenómenos atmosféricos locales</li><li>- Incendios forestales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pérdida de biodiversidad y deterioro de ecosistemas</li></ul>
Institucionales	<ul style="list-style-type: none"><li>- Débil gestión institucional</li><li>- Reglamentación obsoleta</li><li>- Incumplimiento de la reglamentación</li><li>- Control deficiente de fuentes fijas y móviles</li><li>- Programa deficiente de</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Deterioro de infraestructura</li><li>- Contribución al cambio climático.</li></ul>

Socio-culturales	<p>vigilancia y control de la calidad del aire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuficiente educación ambiental</li> <li>- Deficiencia en desarrollo o rezago tecnológico</li> </ul>	
------------------	---	--

Fuente: Silva (2010)

#### 4.2 Fuentes de emisión y principales contaminantes en ambientes urbanos

Los contaminantes atmosféricos según su origen se clasifican por causas naturales o antropogénicas (Romero y Álvarez, 2006). Dentro de las causas naturales se encuentran las erupciones volcánicas, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica en sistemas naturales, como pantanos o humedales; por su parte la causas antropogénicas están asociadas principalmente al uso de combustibles fósiles, los procesos industriales, el manejo y tratamiento de residuos, entre otros.

Otra forma de clasificar estas fuentes se hace con respecto a su ubicación espacial, denominándose: fuentes fijas o estacionarias si el punto de emisión permanece quieto respecto a un punto de referencia, mientras que en el caso de que la fuente se mueva (en carretera y no carretera) en cualquier trayectoria ésta se reconocerá como una fuente móvil (Silva, 2010). Según la Resolución Número 0910 del 5 de Junio de 2008 del Min-Ambiente se define la fuente móvil como *“fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible a desplazarse. Para efectos de la presente resolución, son fuentes móviles los vehículos automotores, las motocicletas, los motociclos y los mototriciclos.”*(Min-Ambiente, 2008)

Los principales contaminantes en ambientes urbanos se clasifican en primarios y secundarios. Los primeros son los que proceden directamente de la fuente de emisión. Los contaminantes secundarios se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y físicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la atmósfera, distinguiéndose, sobre todo, la contaminación fotoquímica y la acidificación del medio. Las características de los principales contaminantes atmosféricos y sus fuentes más importantes se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3 Principales sustancias emitidas a la atmósfera

CONTAMINANTE	FUENTE		EFECTOS
	Natural	Humana	
Óxido nítrico ( $NO$ ) Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ )	Acción bacterial	Vehículos, combustión, Sistemas de disposición de residuos	Problemas respiratorios, formación de smog
Dióxido de azufre ( $SO_2$ )	Erupción volcánica	Combustión, refinерías, papel	Lluvia ácida, daño a vegetación, aparato respiratorio, estructuras
Compuestos orgánicos	Biogénica	Vehículos, refrigerantes, limpiadores	Smog, náuseas, congestión
Ozono ( $O_3$ )	Estratosfera	Contaminantes secundarios de COV's	Smog, reducción de visibilidad, náuseas, daño a plantas, congestión pulmonar
Aerosoles, $PM_{10}$ (Asbestos, polvos, humos, metales)	Erupción volcánica, erosión	Industria, agricultura, vehículos	Reducción de visibilidad, daño al aparato respiratorio,
Monóxido de carbono ( $CO$ )	Biogeoquímica	Combustión, refinерías	Carboxihemoglobina

Fuente: Pérez, Rojas y Ordoñez (2010)

#### 4.3 Gestión calidad del aire

Es el proceso de diseño de estrategias, la implementación de planes y el uso de herramientas metodológicas para ejercer control y vigilancia sobre las fuentes de emisión de contaminantes (Figura 1). La gestión proyecta e implanta políticas que restauran la calidad del aire y reducen sus impactos perjudiciales sobre la salud y el ambiente (Silva, 2010).

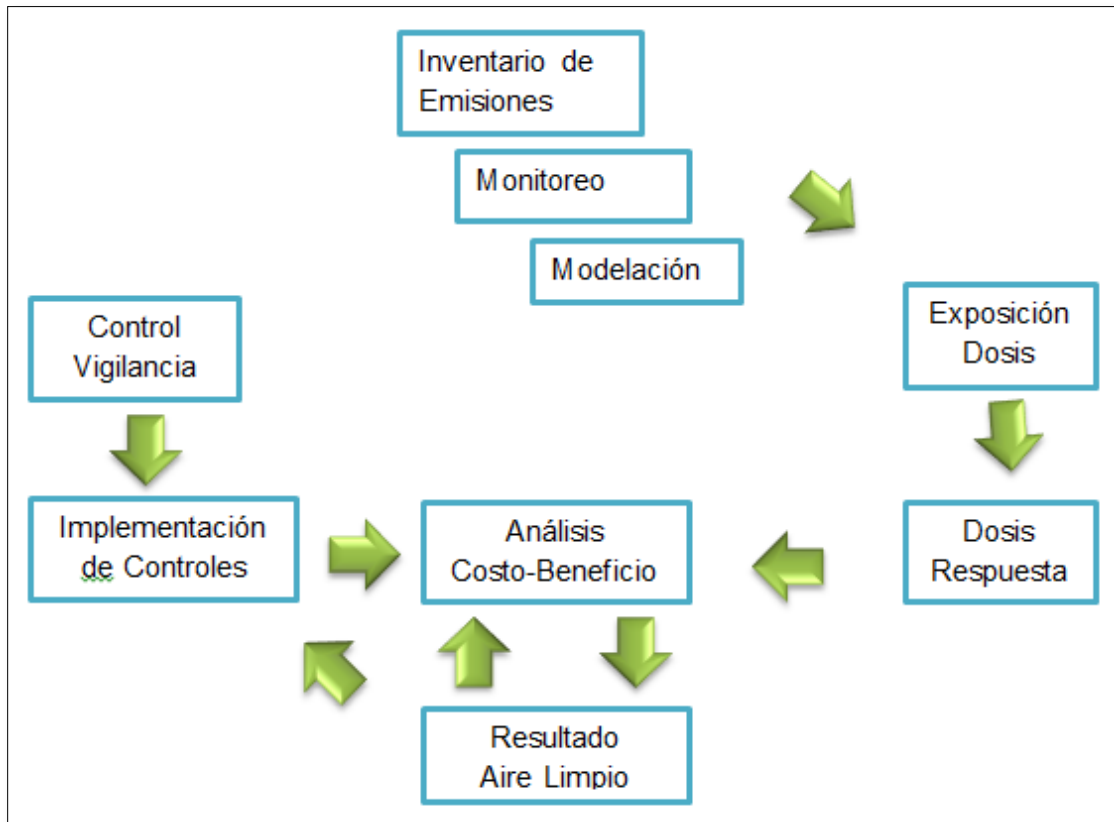


Figura 1 Esquema de la gestión de la calidad del aire Fuente: Basado en MAVDT, (2008)

#### 4.4 Inventario de emisiones

El inventario de emisiones es un componente primordial en todo programa de gestión de la calidad del aire. Es una herramienta diseñada para estudiar las tasas de emisión de contaminantes desde cualquier tipo de fuente identificada en el área de estudio y a lo largo del tiempo, lo cual permite complementar la información generada por las redes de monitoreo y vigilancia de la calidad del aire. (Gkatzoflias, Mellios y Samaras, 2013). Estos inventarios están compuestos por información generada para 4 categorías: fuentes puntuales, fuentes de área y fuentes móviles y no móviles (AQMD, 2008). Los datos de emisiones contenidos en los inventarios son el núcleo de la comprensión de los problemas ambientales (Pulles y Heslinga, 2010).

La estimación del inventario de fuentes móviles se realiza a través de modelos de emisión basados en factores de emisión que cuantifican diferentes variables asociadas al flujo vehicular sobre una red vial. Existen diversos modelos para

realizar un inventario de emisiones de fuentes móviles, dentro de los consultados se encuentran los siguientes (Tabla 4)

La ecuación básica utilizada para la estimación de las emisiones de los vehículos automotores presentada por Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2010) requiere la aplicación de la ecuación 1

$$E_p = KRV \times FE_p \text{ Ecuación (1)}$$

Dónde:

$E_p$  = Emisiones totales del contaminante p [Kg/día]

KRV = Kilómetros recorridos por los vehículos

$FE_p$  = Factor de emisión del contaminante p [Kg/Veh-Km]

Los factores de emisión son valores que representan la cantidad producida (masa) de un contaminante por unidad de distancia recorrida.

Tabla 4 Algunos Modelos de Emisión para Fuentes Móviles

MODELO	CARACTERÍSTICAS
PNUMA/TNT	Esta herramienta desarrollada en 2006 permite evaluar el impacto en salud de la flota vehicular, para desarrollar estrategias y escenarios para abatir las consecuencias negativas e impactos ambientales.
MOBILE 6	Este programa es utilizado para el cálculo de factores de emisión para vehículos automotores de gasolina y diesel, así como para ciertos vehículos especializados, tal como los vehículos a gas natural. Este modelo calcula factores de emisión para cada contaminante en gramos por milla (g/milla)
MOVES	Este sistema de modelación de emisiones vehiculares, puede ser usado tanto para vehículos que circulan en carretera como para vehículos fuera de camino y permite múltiples escalas de análisis. Abarca herramientas, algoritmos, datos y conocimientos necesarios para su uso en todos los análisis de emisiones de fuentes vehiculares



COPERT	Fue desarrollado como herramienta europea para calcular las emisiones provenientes de vehículos en circulación como vehículos fuera de camino. Fue diseñado específicamente para estimar emisiones de vehículos fabricados de acuerdo a la legislación europea. Compila inventarios de emisiones urbanos hasta con una resolución espacial de 1x1 km <sup>2</sup> y una resolución temporal de 1 hora.
IVE	Modelo internacional de emisiones vehiculares es un programa en lenguaje JAVA que permite la estimación de las emisiones de contaminantes criterio, contaminantes tóxicos y gases de efecto invernadero provenientes de vehículos automotores que circulan por carretera, considerando tanto las emisiones provenientes del escape como las evaporativas

Fuente: Adaptado de Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2010)

#### 4.5 Modelo *International Vehicle Emissions* (IVE)

El modelo IVE predice contaminantes atmosféricos locales, gases de efecto invernadero y tóxicos. El modelo fue desarrollado por el Centro para la Investigación y Tecnología Ambiental (CE-CERT) de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de California en Riverside (UCR), Investigación de Sistemas Sustentables Globales (GSSR) y el Centro de Investigación de Sistemas Sustentables Internacionales (ISSRC, 2008).

El modelo requiere principalmente dos archivos de entrada, que describen la flota y la actividad vehicular para la localidad de interés. Un tercer archivo opcional se utiliza en el caso que la localidad de interés cuente con información específica de factores de emisión (Figura 2). La información de flota y actividad debe existir o debe ser obtenida mediante una campaña de campo. El archivo Localidad contiene la siguiente información en el área de estudio:

- Comportamiento de conducción, que comprende los datos de magnitud de conducción y Patrones de conducción (perfiles de velocidad y aceleración).

- Patrones de Partidas, que hace referencia a la cantidad de partidas y patrón de Soak (distribución del tiempo en el que el motor ha estado apagado antes de una partida).
- Variables Ambientales, descripción de características de la zona de estudio Altitud, Pendiente y Temperatura.
- Características del combustible, como calidad del combustible y cantidad de contaminantes y aditivos.

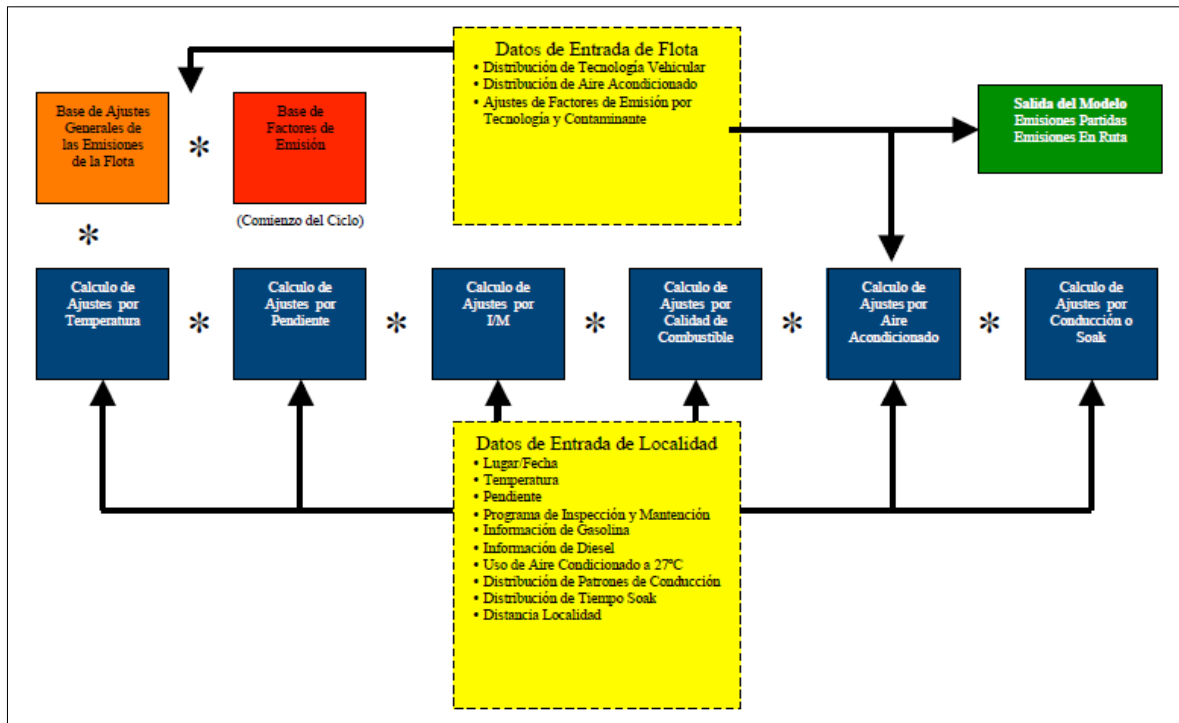


Figura 2 Estructura interna del modelo IVE. Fuente: Manual de usuario IVE.

Además de definir los estilos de conducción de la región, es igualmente necesario definir apropiadamente las tecnologías que componen la flota que opera en la región. El archivo Flota es una lista de la fracción de la flota por tecnología vehicular. El modelo IVE contiene un total de 1372 tecnologías predefinidas y 45 tecnologías adicionales no definidas. Las tecnologías se agrupan usando los siguientes parámetros: tamaño de vehículo, tipo de combustible, uso de vehículo, sistema de entrega de combustible, sistema de control emisiones evaporativas, control de emisiones de escape, edad del vehículo, entre otras.

El proceso de estimación de emisiones en el modelo IVE consiste en multiplicar la base de factores de emisión por cada uno de los factores de corrección. El

proceso de cálculo interno del modelo para estimar los factores de emisión corregidos se muestra en la ecuación 2:

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{2[t]} * K_{3[t]} * \dots K_{x[t]} \text{ Ecuación (2)}$$

Esta ecuación multiplica la base de factores de emisión (B) por la serie de factores de corrección (K) para estimar los ajustes del factor de emisión (Q) para cada tipo de vehículo. (ISSRC, 2008).

El Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) incorpora dentro de las estimaciones de los factores de emisión el comportamiento o patrón de conducción, caracterizado en términos de potencia específica vehicular (VSP, por sus siglas en inglés) y en estrés del motor (ISSRC, 2008).

Los patrones de conducción son uno de los aspectos influyentes en la generación de emisiones, las diferencias en las características del modo de funcionamiento tales como las tasas de aceleración y las distribuciones de velocidad, son importantes en el desarrollo de nuevos modelos de emisiones, demostrando ser fuentes significativas de las tasas de emisiones elevadas (Lents et al. 2009).

Las principales características de los modos de conducción son la velocidad instantánea y la aceleración, incluyendo además la pendiente de la ruta. Con estos parámetros es posible caracterizar el estado de operación del motor mediante la potencia específica del vehículo (VSP, por sus siglas en inglés) segundo a segundo. La VSP traduce cuantitativamente los parámetros característicos de un modo de conducción instantáneo a niveles de demanda energética del motor. (Araya, 2008).

Este modelo ha sido usado para inventarios de emisiones de fuentes móviles en diversas ciudades (Montañez y Behrentz, 2007; Zhang et al., 2008; Román y Dávila, 2011; Giraldo, 2013; Goyal et al., 2013; Dávila, 2015; Outapa et al., 2016; Delkash y Mir, 2016).

#### 4.6 Modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos

La modelación se utiliza para saber cómo cambia en el tiempo y el espacio la concentración o la razón de mezcla de una sustancia o traza habitualmente identificada como un contaminante criterio, a objeto de predecir y analizar la calidad del aire y de esta forma colaborar en las decisiones políticas y de planificación respecto a la gestión, mediante el desarrollo de planes, programas, proyectos y normas de emisión o calidad del aire. La concentración de la emisión en un punto cambia por convergencia o divergencia de vientos, porque la masa es afectada hacia o desde un punto en direcciones horizontales y/o verticales, por la

presencia de flujos turbulentos dados por la covariación de fluctuaciones de concentración y viento.

Desde 1970, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US-EPA) ha desarrollado una gran variedad de modelos de dispersión atmosféricos de diferente complejidad (Tabla 5), usados con fines regulatorios. Los modelos atmosféricos de la US-EPA están a la vanguardia del desarrollo científico y tecnológico, siendo estos ampliamente reconocidos y utilizados a nivel mundial. Estos modelos, están basados en formulaciones matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos y químicos que afectan a los contaminantes del aire, ya que al dispersarse, reaccionan en la atmósfera, basándose en los aportes de los datos meteorológicos y de información de la fuente, como las tasas de emisión y la altura de la chimenea.

#### *4.6.1 Tipos de modelos matemáticos:*

Los modelos matemáticos para el estudio de los contaminantes atmosféricos han sido desarrollados para estudiar el comportamiento de estos a partir de variadas fuentes, según la US-EPA estos modelos están clasificados de la siguiente manera:

Modelos de celda fija (vertimientos homogéneos): se utilizan para obtener estimaciones de concentración de contaminante para emisiones difusas, diseminadas a lo largo de una determinada superficie, como es el caso de una ciudad.

Modelos combinados (celda múltiple): son los que se utilizan en la práctica para estimar concentraciones de contaminante en regiones definidas. Dividen el volumen total del aire en pequeñas celdas en las que se almacenan, de manera numérica, las concentraciones de varios contaminantes. El modelo tiene en cuenta las reacciones químicas sufridas por los contaminantes (vidas medias, constantes de velocidad) así como los flujos de materia que pasan de una celda a sus vecinas.

Modelos gaussianos de dispersión (vertimientos puntuales): son los que se utilizan para estimar la concentración de contaminante producida por una fuente puntual, por ejemplo, la chimenea de una fábrica o el escape de un depósito. El objetivo del modelo es determinar la concentración a cierta distancia de la fuente mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[ -\frac{y^2}{\sigma_y^2} \right] \left[ \exp \left[ \frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right] + \exp \left[ \frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right] \text{ Ecuación (3)}$$

Donde C es la concentración, Q es la cantidad del contaminante emitido por unidad de tiempo ( $g s^{-1}$ ), y distancia en el eje y en m, z distancia en el eje z en m, u es la velocidad del viento,  $\sigma_z$  y  $\sigma_y$  son coeficientes de dispersión turbulenta que dependen de la clase de estabilidad y de la distancia del foco en la dirección del viento, x, H es la altura efectiva de la fuente en m.

Tabla 5 Modelos de dispersión recomendados por la US-EPA

Aplicación	Descripción
SCREEN3	Modelo de dispersión gaussiano para una sola fuente, con concentraciones a nivel terrestre, zonas de cavitación e inversiones y fumigación. Este modelo es la versión screening del modelo ISC3 EPA.454/B.95.004.
CTSCREEN	Modelo de dispersión de pluma gaussiana diseñado como técnica screening de carácter regulatorio para determinar el impacto en terrenos complejos, es la versión screening del modelo CTDMPPLUS EPA-600/8-90-08.
SDM	Este es un modelo de dispersión gaussiana empleado para modelar la dispersión de múltiples fuentes con el fin de determinar concentraciones a nivel del suelo y a fuentes estacionarias muy altas cerca a zonas costeras EPA-450/4-88-017
ISC3	Modelo de dispersión de pluma gaussiana que se emplea para evaluar concentraciones de contaminantes de una variedad de fuentes asociadas a actividades complejas, opera en tiempo de largo y corto periodo.
ISCST3	

Fuente: US-EPA, 1995

Estos modelos son importantes para los sistemas de gestión de la calidad del aire, ya que son utilizados para controlar su contaminación, identificar contribuciones de origen y ayudan en el diseño de estrategias efectivas para reducir los

contaminantes dañinos. Por ejemplo, los modelos de calidad del aire se pueden utilizar durante el proceso de permisos para verificar que una nueva fuente no exceda las normas de calidad del aire o, si es necesario, determinar los requisitos apropiados de control adicional.

Además, los modelos de calidad del aire, también pueden ser utilizados para predecir las concentraciones futuras de contaminantes provenientes de múltiples fuentes después de la implementación de un programa regulador, con el fin de evaluar la efectividad del programa en la reducción de la exposición dañina a los seres humanos y el ambiente. Estos modelos tienen en cuenta parámetros de entrada como cantidad de contaminantes emitidos por una unidad de tiempo, estabilidad atmosférica, posición y altura de emisión, altura de mezcla, velocidad y dirección de los vientos predominantes.

#### 4.7 Modelo *Industrial Source Complex Short Term* (ISCST3)

Este modelo gaussiano es el más usado para el análisis de la calidad del aire. Dicho modelo, ha sido propuesto como regulatorio por la Agencia de Protección del Medio Ambiente y predice las concentraciones de contaminantes, a partir de casi cualquier tipo de fuente de emisión y permite definir las redes del receptor considerando las características topográficas de cada lugar. Este modelo se utiliza para evaluar el impacto de las emisiones a la atmósfera de una variedad de fuentes, prediciendo las concentraciones de contaminantes en: fuentes puntuales, lineales, de superficie y volumen. Para su ejecución requiere dos tipos básicos de entrada (Figura 3) que genera una salida de datos de concentración, los cuales se pueden representar de forma gráfica.

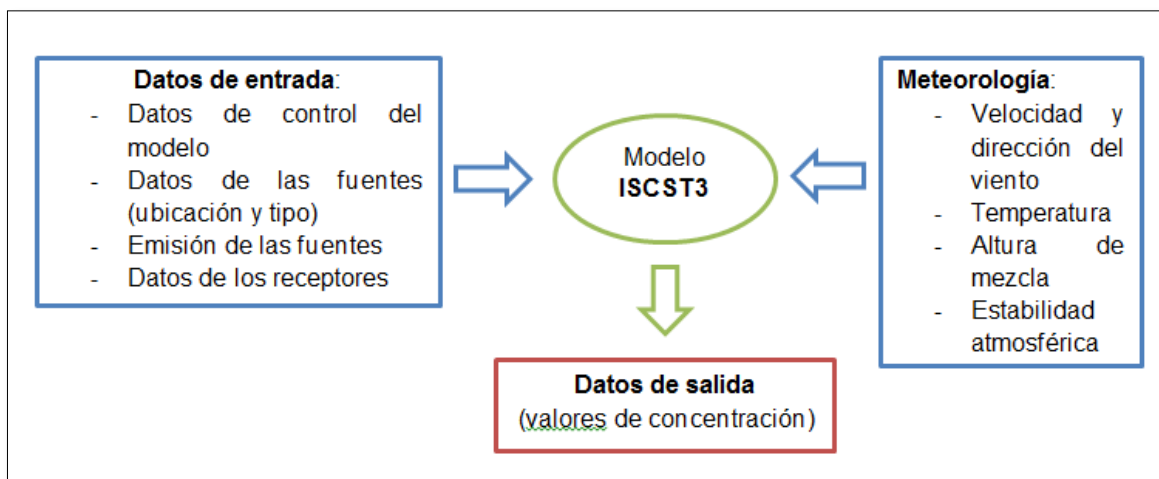


Figura 3 Datos requeridos para el modelo ISCST3

Fuente: US-EPA

Dentro de los datos meteorológicos secundarios requeridos por el modelo, se encuentra la estabilidad atmosférica la cual se obtiene a partir de la velocidad y dirección del viento, radiación solar y temperatura según lo definido por Pasquill y Gifford (Tabla 6).

Tabla 6 Condiciones meteorológicas que definen las clases de estabilidad de Pasquill y Gifford.

Velocidad del viento (m/s)	Radiación Solar Global ( $w/m^2$ )					
	>700	540-700	400-540	270-400	140-270	<140
<2	A	A	B	B	C	D
2-3	A	B	B	B	C	D
3-4	B	B	B	C	C	D
4-5	B	B	C	C	D	D
5-6	C	C	C	C	D	D
>6	C	C	D	D	D	D

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE (2008)

Este modelo de dispersión ha sido empleado en diversas ciudades con el fin de modelar la dispersión de contaminantes en la atmósfera (Puliafito et al., 2003; Peralta et al. 2009; Franco y Armando, 2009; Behera et al., 2011; Behera et al., 2014)

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Área de estudio

Este estudio se realizó en la ciudad de Santiago de Cali (3° 26' 24" N y 76° 31' 11" W), capital del Departamento del Valle del Cauca, la tercer ciudad más poblada de Colombia. Está situada en la región sur del departamento entre la cordillera occidental y la cordillera central de los Andes.

Dados los objetivos del estudio dentro de esta ciudad se escogió el tramo que se encuentra desde la estación San Pascual (carrera 15 con calle 13 y 15) hasta la estación La Buitrera (carrera 100 con calle 11a), el cual se caracteriza por contener 15 estaciones de servicio y por ser un tramo en el que circulan todos los articulados expresos y troncales del sistema MIO. Además, sobre este tramo de aproximadamente 9 kilómetros cuyo uso principal es residencial, se encuentran ubicados varios centros educativos y de salud.

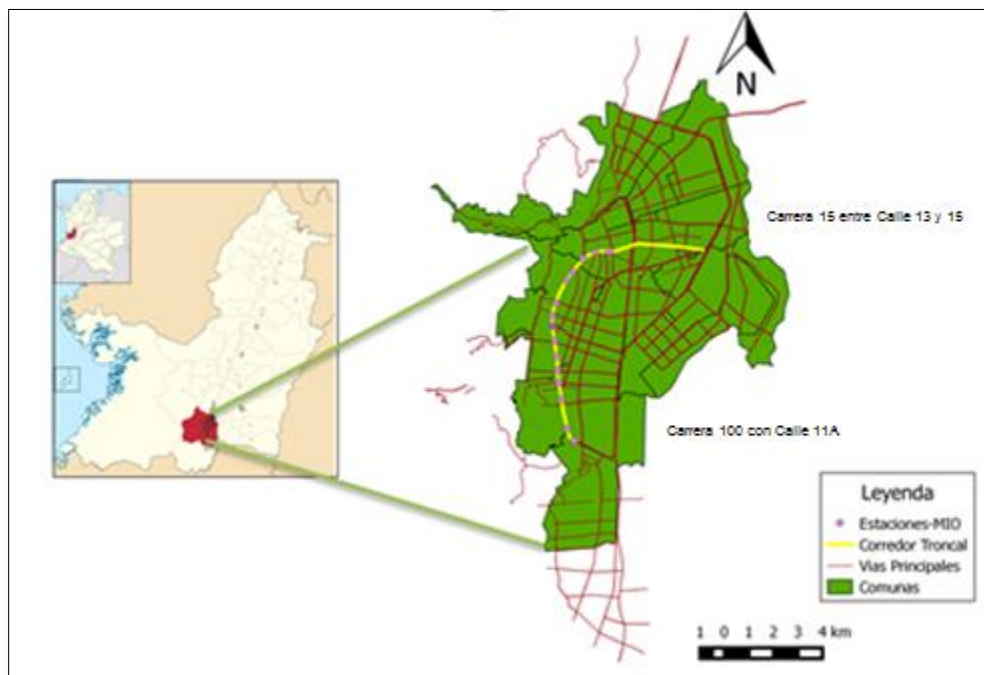


Figura 4. Ubicación del área de estudio – Tramo Troncal. Fuente: Elaboración propia



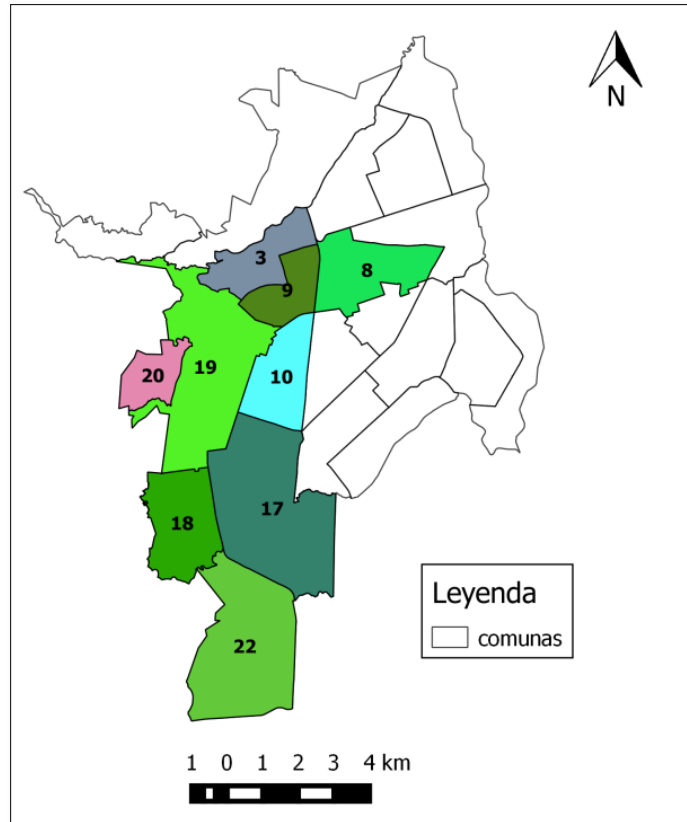


Figura 5 Identificación de las comunas influyentes en el área de estudio seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

En la identificación de las áreas de influencia (Figura 5), se puede observar que las comunas que intervienen en la zona de estudio son: 03 (12 barrios), 08 (2 barrios), 09 (10 barrios), 10 (2 barrios), 17 (13 barrios), 18 (17 barrios), 19 (29 barrios), 20 (3 barrios) y 22 (3 barrios). Los equipamientos presentes en estas comunas en cuanto a servicios se presentan en la Figura 6.

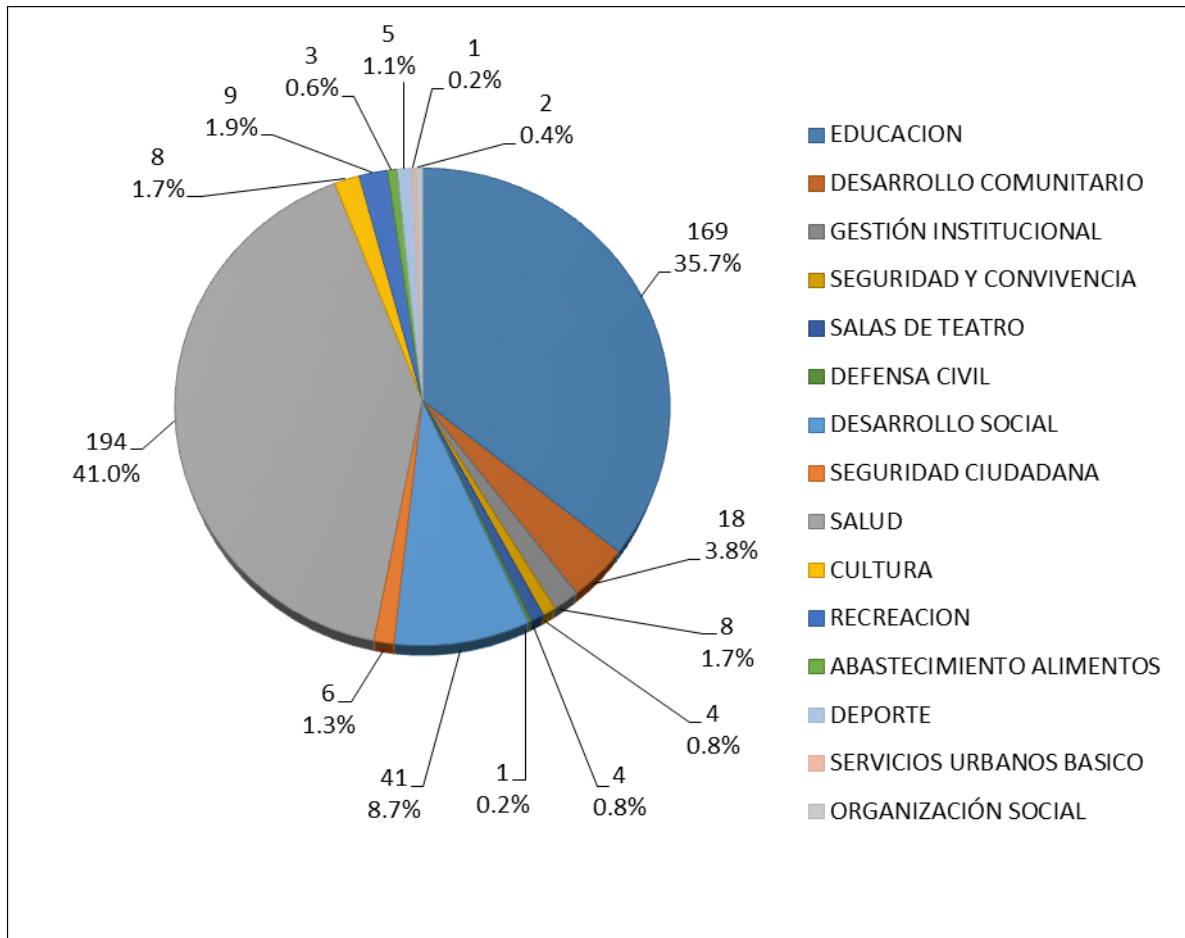


Figura 6 Distribución de equipamientos presentes en la zona de estudio según su servicio. Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial (2014).

## 5.2 Inventario de emisiones

El inventario de emisiones se realizó utilizando el modelo *International Vehicle Emissions* (IVE). Este modelo requiere la información presentada en la Figura 2, con el fin de generar 3 tipos de datos de entrada: “Composición de la flota vehicular”, “Actividad vehicular” y “Factores de emisión para los vehículos”.

Este modelo solicita una localidad de estudio, la cual debe tener asociada ciertos patrones de conducción (potencia específica vehicular y estrés del motor). En el caso de la ciudad de Santiago de Cali, no se encuentra disponible esta información al momento de realizar este estudio. Por lo tanto, se utilizó la localidad de Bogotá 2005, tal como se hizo en el informe de fortalecimiento tecnológico de la red de monitoreo de calidad del aire y evaluación de la contaminación atmosférica de la ciudad de Santiago de Cali (DAGMA, 2012) para la flota bus, ya

que es la que más se asemeja al funcionamiento del masivo, en cuanto a velocidades, frecuencia de paradas entre otras.

#### 5.2.1 Recopilación de información para el inventario de emisiones

El Masivo Integrado de Occidente (MIO), opera por medio de cuatro entidades prestadoras de servicio. Éstas entidades, están compuestas por los empresarios tradicionales del transporte en la ciudad y Metrocali es quien se encarga de asignarles las rutas y frecuencias de operación. Entre las empresas consultadas se encuentran Blanco y Negro Masivo, Grupo Integrado de Transporte-GIT, Unimetro y Empresa de Transporte Masivo- ETM, a las cuales se les solicitó información correspondiente a la capacidad del vehículo, marcas de carrocería y chasis, combustible, tamaño del motor, tecnología de control y número de articulados pertenecientes a la flota vehicular, por medio de entrevistas personales. Esta información se organizó acorde a lo presentado en el Anexo 1.

#### 5.2.2 Información de datos de campo

Para los datos requeridos en la implementación del modelo IVE, se realizó un trabajo de campo con el fin de obtener velocidades y flujos promedios diarios para los articulados del SITM-MIO, esta información se complementó con la suministrada por los prestadores de servicio.

Para mayor facilidad en la toma de datos, se dividió el tramo total en 4 sub-tramos de iguales longitudes (Figura 7), pero dichas longitudes fueron modificadas tomando el inicio/fin de cada sub-tramo y acercándola a la estación más cercana a su punto, con el fin de que los cortes quedaran en un sitio referenciado.

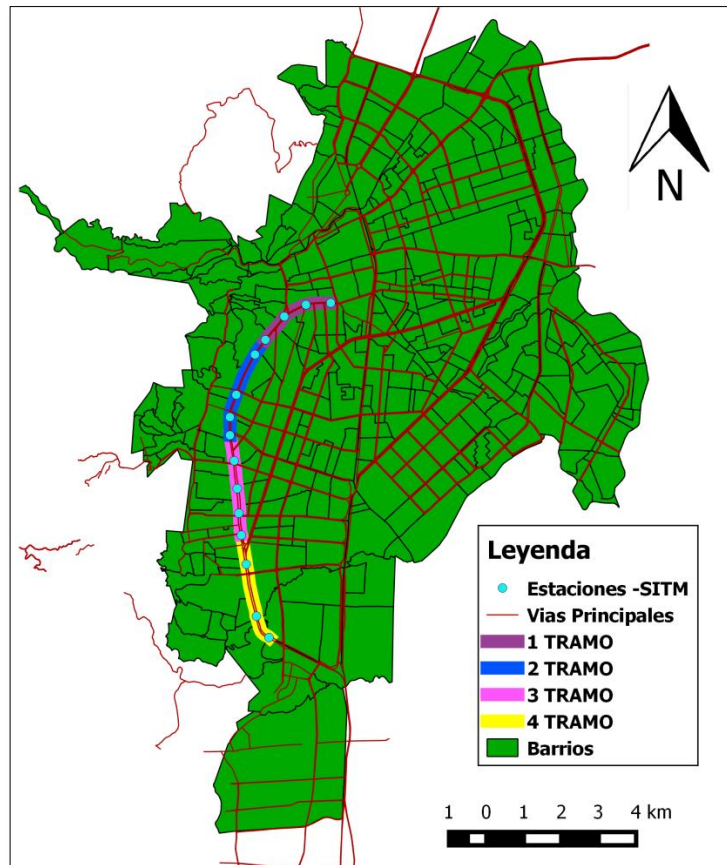


Figura 7 Tramos ubicados sobre el corredor Troncal perteneciente a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.

El primer tramo cuenta con una longitud de 1.82 km, contiene 6 semáforos y 4 estaciones: San Pascual, San Bosco, Santa Librada y Manzana del Saber. El segundo tramo tiene una longitud de 2.4 km, contiene 5 estaciones: Manzana del Saber, Estadio, Tequendama, Lido y Unidad Deportiva y cuenta con 8 semáforos. El tercer tramo con longitud de 2.3 km contiene 5 estaciones: Unidad Deportiva, Plaza de Toros, Pampalinda, Refugio y Caldas, y posee 6 semáforos. El cuarto tramo tiene una longitud de 2.4 km, cuenta con 3 semáforos y contiene 4 estaciones: Caldas, Capri, Meléndez y La Buitrera

Una vez definidas las rutas que circulan sobre el tramo de estudio y la división del mismo, se realizó un aforo donde se estimaron las cantidades de vehículos circulantes por medio de un conteo físico. Para dicho conteo, se escogieron tres puntos sobre el corredor troncal, perteneciente a la Calle 5 (Figura 8). El punto 1 fue ubicado en la Calle 5 con Carrera 15 y corresponde al Tramo: San Pascual – Manzana del Saber, el punto 2 se ubicó en la Calle 5 con Carrera 5 y corresponde al Tramo: Manzana del Saber – Unidad Deportiva y el punto 3 se ubicó en la Calle 5 con Carrera 78, el cual se asumió como punto en común para los tramos:

Unidad Deportiva - Caldas y Caldas – La Buitrera, ya que las rutas que circulan en estos dos tramos son las mismas.

Durante el aforo se realizaron mediciones durante tres días: Lunes 24, Miércoles 26 y Viernes 28 de Julio de 2017, en 4 intervalos de tiempo: 6-9am, 9am- 12pm, 12-3pm y 3-6pm. En cada uno de estos intervalos, se tomó de forma manual el flujo de buses circulantes durante 15 minutos, tanto en sentido Norte-Sur como en sentido Sur-Norte.

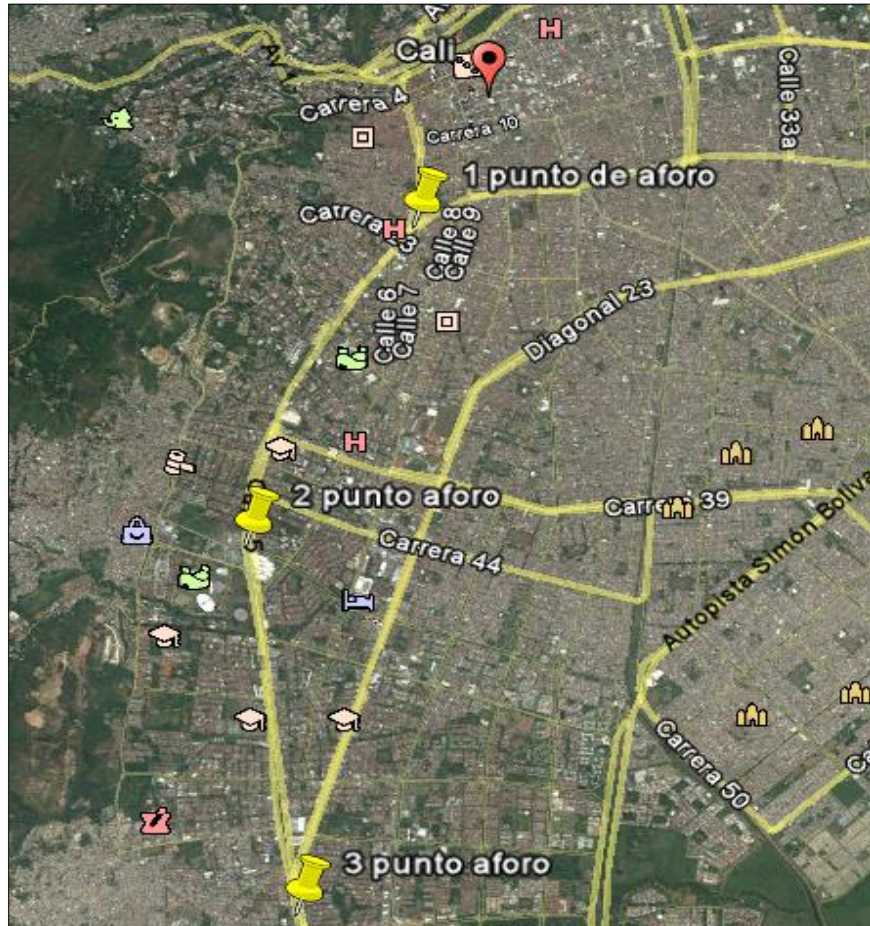


Figura 8 Ubicación gráfica de los puntos de aforo sobre el corredor troncal.  
Fuente: Google Earth.

El perfil vehicular se realizó haciendo proyecciones de tráfico para las horas no aforadas, asumiendo que el 40% del tráfico equivale a la primera hora de cada rango de tiempo y el 60% se distribuye en las 2 horas restantes, siendo cada una del 30% (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016)

Para el cálculo de la velocidad de los vehículos, se realizaron medidas de distancia y tiempo entre cada una de las estaciones. Es necesario recalcar, que no

se tuvo en cuenta la aceleración y desaceleración que se presentaba cuando el articulado llegaba y salía de la estación o paraba en un semáforo, ya que se necesitaba un punto de equilibrio de la velocidad del mismo, es decir, que la evaluación se realizó donde la velocidad fuese constante. El trabajo de campo realizado el Lunes 24, Miércoles 26 y Viernes 28 de Julio del 2017, consistió en medir con un odómetro una distancia mayor a 80 metros sobre la cual se tomó el tiempo en que se demoraban en pasar los articulados, este proceso se realizó seis veces para cada tramo usando dos cronómetros (uno ubicado en el inicio y otro al final de la distancia marcada) y se efectuó para distintas rutas. Posteriormente, se calculó un promedio con cada uno de los tiempos tomados y con la distancia medida se procedió a calcular la velocidad.

### 5.2.3 Recolección de información meteorológica de la zona

Dado que el modelo IVE y el modelo ISCST3 requieren información meteorológica, fue necesario escoger las estaciones activas más cercanas al tramo escogido para desarrollar el proyecto. Las estaciones que se utilizaron son la estación meteorológica ERA (Escuela República Argentina), ubicada en el barrio Obrero – Zona Centro de la ciudad de Santiago de Cali y la estación meteorológica ubicada en el edificio de la CVC – Zona Suroccidente de la ciudad (Figura 9). De estas estaciones se solicitó información correspondiente a humedad relativa, velocidad y dirección de viento, temperatura y radiación solar.

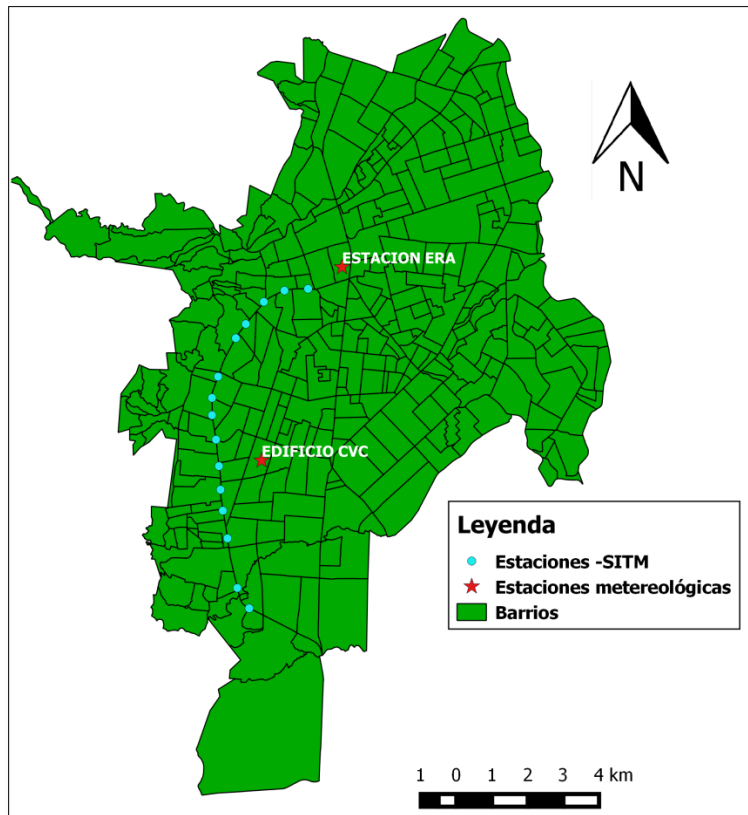


Figura 9 Estaciones meteorológicas empleadas en el estudio. Fuente: Adaptado de Informe Anual de Calidad del Aire Santiago de Cali (2015)

### 5.3 Modelación de la dispersión de las emisiones

En esta fase el modelo gaussiano ISCST3 requiere de dos tipos básicos de datos (Figura 10), uno es el archivo de datos de entrada de flujos y el otro es un archivo de meteorología. (EPA, 1995). En el modelo se definen cada una de las fuentes de emisión y una grilla de receptores donde se dispersan los contaminantes, los cuales se asocian a una coordenada XY.

El modelo maneja fuentes múltiples (punto, volumen, área y de fosa abierta), para este proyecto se trabajó con la fuente de tipo área. Éste, también establece que la relación entre el largo y ancho no puede ser superior a 10 y solo permite 100 fuentes por cada archivo de entrada, debido a esto, el primer tramo se dividió en 62 fuentes, el segundo y tercer tramo se dividieron en 78 fuentes y el cuarto tramo se dividió en 82 fuentes. Para cada una de estas fuentes se establecieron distancias en el eje XY, coordenadas NW y ángulos medidos desde el norte.



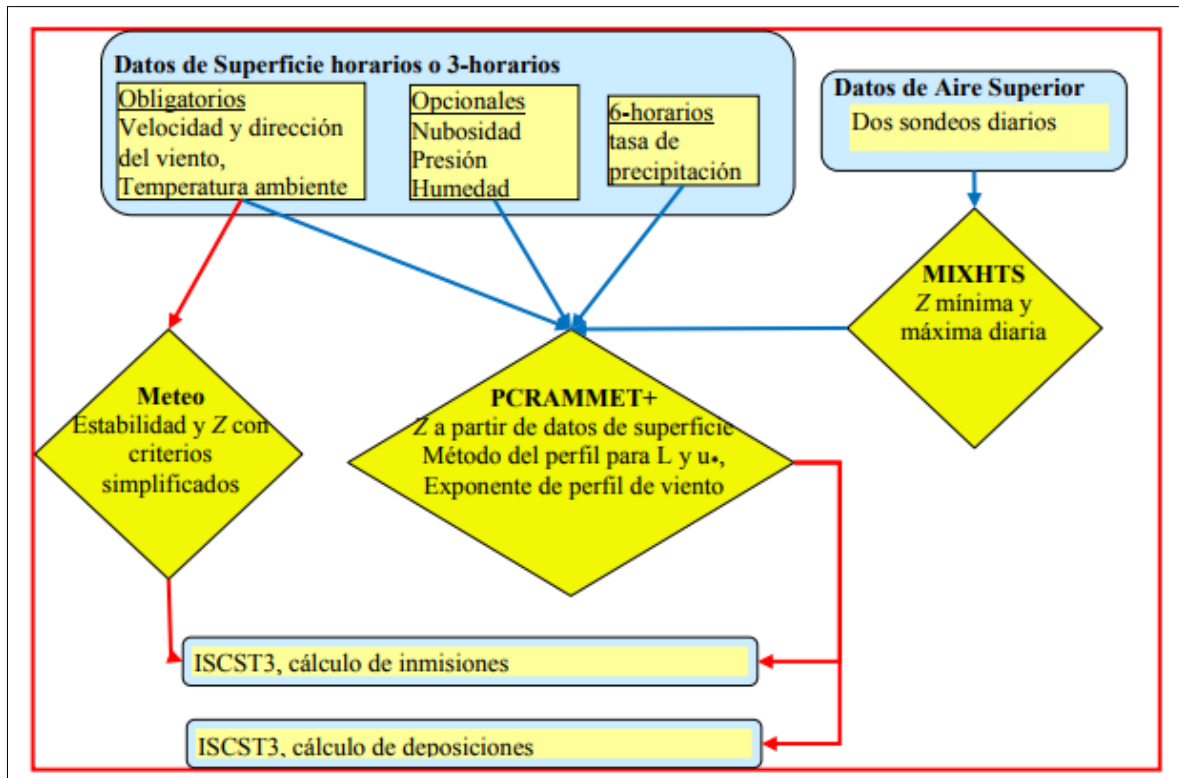


Figura 10. Procesamiento de los datos meteorológicos para el modelo ISCST3.  
Fuente: ( Leonor María Turtós Carbonell , 2014)

### 5.3.1 Archivo de datos de entrada

En este archivo se encuentran los datos de control del modelo, datos de la fuente como su ubicación (Anexo 2) y emisión datos de los receptores, especificaciones del archivo de datos meteorológicos y opciones de datos de los archivos de salida.

### 5.3.2 Archivo de datos meteorológicos

El modelo ISCST3 utiliza datos meteorológicos por hora como uno de sus datos de entrada básicos. Dicho archivo de datos, tiene en cuenta condiciones meteorológicas primarias como la temperatura y, dirección y velocidad del viento, las cuales son empleadas para el cálculo de las condiciones meteorológicas secundarias como la estabilidad atmosférica y la altura de mezcla. Esta información se organizó siguiendo el orden establecido en (EPA, 1995), como se ilustra en la Tabla 7.



Tabla 7 Orden de las variables meteorológicas para el modelo ISCST3

VARIABLE	COLUMNAS
Año (últimos dos dígitos)	1-2
Mes	3-4
Día	5-6
Hora	7-8
Vector de flujos (grados)	9-17
Velocidad eólica (m/s)	18-26
Temperatura ambiente (k)	27-32
Clase de estabilidad	33-34
Altura de mezclado rural (m)	35-41
Altura de mezclado urbana (m)	42-48

Fuente: Adaptado de (EPA, 1995)

#### 5.4 Integración de los datos obtenidos de forma espacial

En esta fase, el objetivo es espacializar los datos de concentraciones obtenidos anteriormente para poder visualizar e identificar cuáles son las principales zonas de impacto relacionadas con el  $PM_{10}$ .

El sistema de referencia empleado para la generación de las salidas gráficas se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8 Sistema de referencia utilizado para el procesamiento de datos.

MAGNA_Colombia_Oeste			
WKID	3115	Authority	EPSG
Projection	Transverse_Mercator		
False_Easting	1000000		
False_Northing	1000000		
Central_Meridian	-77.07750792		
Scale_Factor	1		
Latitude_Of_Origin	4.596200417		
Linear Unit	Meter (1.0)		
Geographic Coordinate System	GCS_MAGNA		
Angular Unit	Degree (0.0174532925199433)		
Prime Meridian	Greenwich (0.0)		

<b>Datum</b>	D_MAGNA
<b>Spheroid</b>	GRS_1980
<b>Semimajor Axis</b>	6378137
<b>Semiminor Axis</b>	6356752.314
<b>Inverse Flattening</b>	298.2572221

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó el software ArcGIS 10.1, el cual permite mediante la librería de ArcToolbox y la herramienta Spatial Analyst Tools hacer una interpolación Kriging a partir de los datos calculados, estos datos son asignados como archivo .csv (atributos de interpolación) y SHP (capas vectoriales) correspondientes a cada una de las estaciones del MIO, vías principales, barrios y comunas. Estas capas vectoriales se obtuvieron de la página de Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali – IDESC.

### **5.5 Comparación de las concentraciones obtenidas en el modelo ISCST3 con Normativas Nacionales e Internacionales**

Los valores de concentración resultantes del modelo, se compararon con los datos establecidos por las Normativas y Regulaciones Nacionales e Internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección Ambiental Europea (UE-EPA), la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA) y la Resolución colombiana No. 2254 del 01 de Noviembre de 2017. Esto se realizó con el propósito de visualizar si la implementación del, SITM - MIO impacta el medio ambiente urbano

## 6. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 6.1 Inventario de emisiones

#### 6.1.1. Diagnóstico del parque automotor del SITM-MIO

La composición de los buses articulados (Tabla 9) permite evidenciar que la marca de carrocería que predomina en los articulados del SITM es Marcopolo, con un total de 103 buses que representa el 51% de la flota, la cual se compone de vehículos cuya marca de chasis es Volvo y Mercedes y cuentan con tecnología de control Euro III, que ya se encuentra obsoleta, también es posible apreciar que no se cuenta con vehículos Euro VI, que es lo establecido por la norma para vehículos con diesel a partir del año 2014.

Tabla 9 Características de la flota vehicular que circula sobre la zona de estudio.

TAMAÑO DEL MOTOR C.C	COMBUSTIBLE	MARCA DE CARROCEÍA	TECNOLOGÍA	CANTIDAD
> 12000	DIESEL 90% BIODIESEL 10%	MARCOPOLO	Euro III	103
		BUSSCAR	Euro IV	49
			Euro V	48

Fuente: Elaboración propia construida con base en los datos suministrados por los operadores.

Al comparar la composición vehicular perteneciente al sistema MIO en la ciudad de Santiago de Cali con la del Servicio de Transmilenio en la ciudad de Bogotá -la cual cuenta con buses de tecnología Euro II hasta Euro V (Acosta y Pulido, 2017)-, se puede evidenciar que la composición del Transmilenio emite más, ya que cuenta con tecnología de control muy obsoleta como lo es el Euro II y tampoco cumple con la norma Euro VI, casos similares ocurren con el parque automotor del Metrobús en México (Leo, Adame y Jiménez, 2012), Tranvía en Lima (Rios, 2012), Transantiago en Chile (Figuerola et al., 2013) y Metrovía en Quito (Suarez, 2015).

Caso contrario ocurre en varias ciudades de la India, donde los autobuses de tránsito rápido (BRT) usan tecnología de control Euro VI (Galante y Pawade, 2016) y en Curitiba – Brasil, donde se han implementado buses con un sistema de propulsión híbrido (motor a diesel y motor eléctrico), los cuales son más amigables con el medio ambiente y consumen significativamente una menor cantidad de combustible (Dreier, 2015)

#### 6.1.2 Aforo vehicular en el tramo de estudio

El método más empleado para realizar aforos vehiculares es mediante filmaciones. Giraldo y Behrentz (2005), recolectan información para 800 minutos

de filmación durante 6 días, Giraldo (2013) realizó filmaciones de 24 horas durante 40 días consecutivos y Dávila (2015) usó información de peaje para vías intermunicipales y conteo de vehículos mediante filmación para vías municipales.

En este estudio se realizó conteo de forma manual, ya que solo se considero una flota de buses en especial, de este sistema de transporte y la cantidad de articulados que circulan por hora sobre el tramo de estudio, no es superior a 160; caso contrario ocurre en los estudios mencionados anteriormente, donde el aforo tiene en cuenta distintos modos de transporte (carro particular, moto, bus, taxi, SITM)

Como resultado del aforo realizado se tiene el total de vehículos articulados que circula por cada tramo de la zona de estudio (Figura 11) y su distribución por hora (Figura 12).

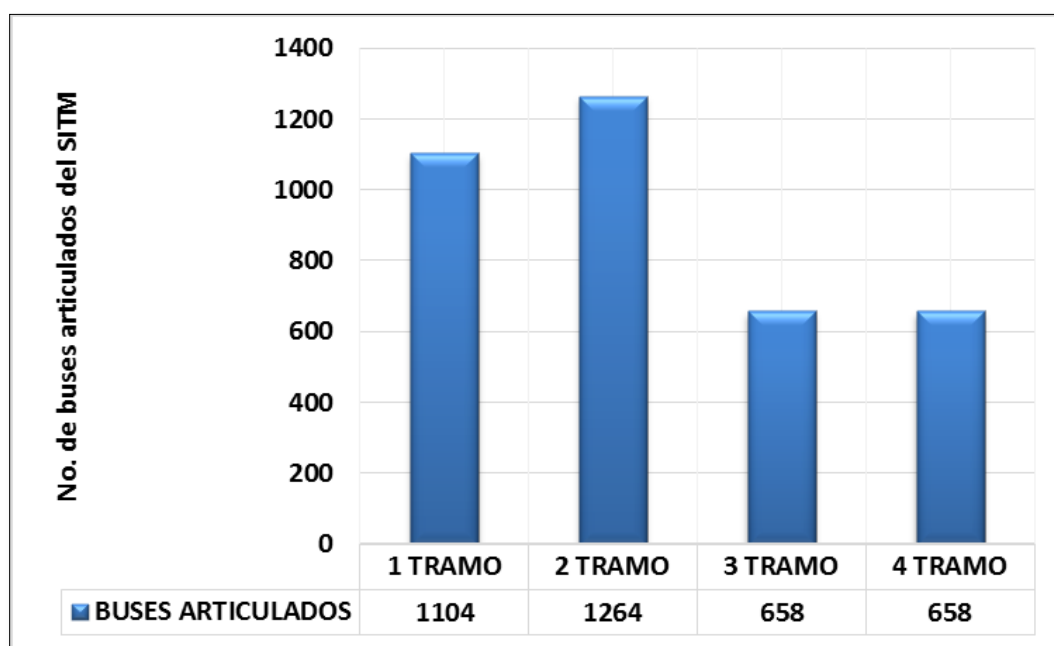


Figura 11 Buses articulados del SITM-MIO aforados en la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se registra el total de vehículos presentes en los tramos de la zona de estudio, en el horario de 6:00 a.m. a 6:00 p.m., donde el mayor flujo vehicular se presenta en el segundo tramo, el cual comprende las estaciones Manzana del Saber, Estadio, Tequendama, Lido y Unidad Deportiva, con un total de 1264 articulados en circulación.

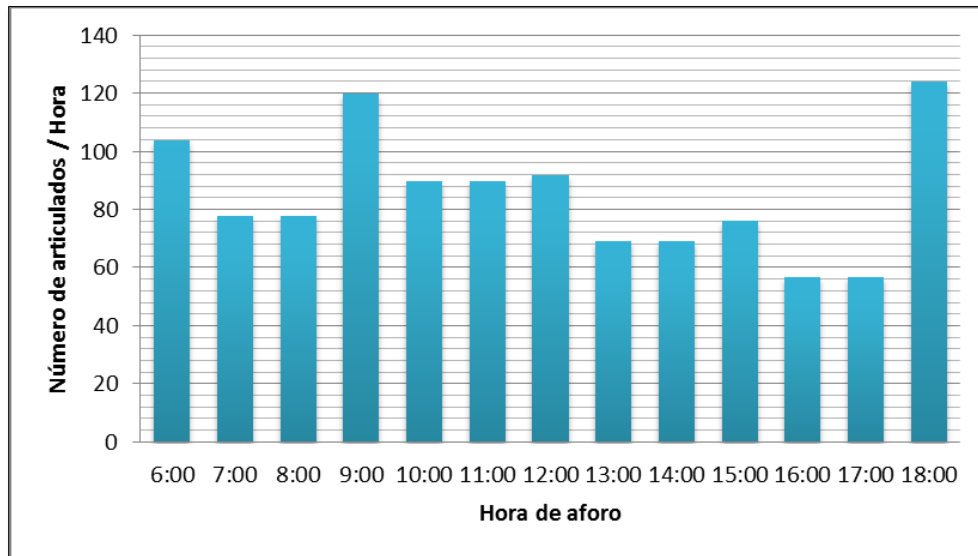


Figura 12 Flujo de articulados en el primer punto de aforo sobre el corredor Troncal entre las estaciones: San Pascual – Manzana del Saber. Fuente: Elaboración Propia

Los datos obtenidos muestran que para el punto 1, el mayor flujo de articulados se presenta a las 6:00 p.m. con un total de 124 buses, seguido por las 9:00 a.m. con un total de 120 buses y 6:00 am con un total de 104 buses. Esto se debe a que en estas horas se presenta una mayor demanda del servicio. Se puede observar que el menor flujo de articulados se presenta entre las 4:00 p.m. y 5:00 p.m. con un total de 57 buses en cada hora.

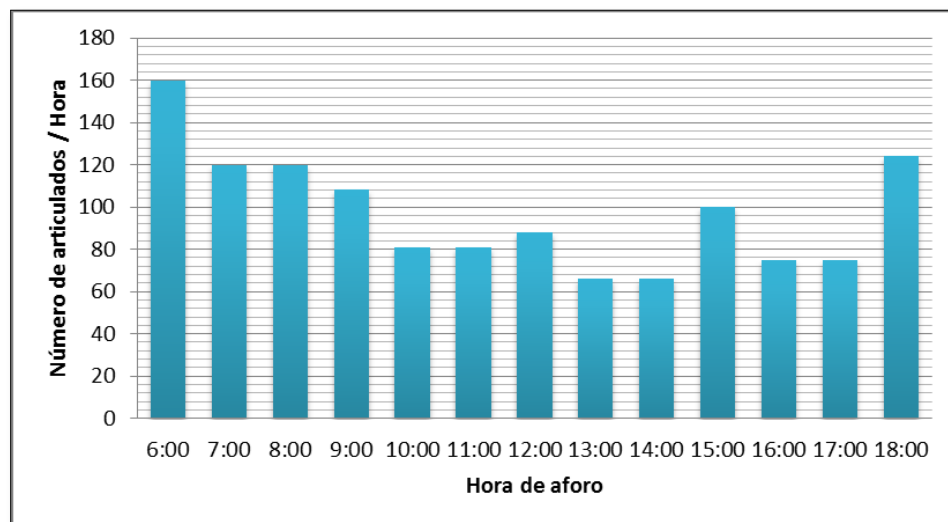


Figura 13 Flujo de articulados en el segundo punto de aforo sobre el corredor Troncal entre las estaciones: Manzana del Saber – Unidad Deportiva. Fuente: Elaboración Propia

Con base en la figura anterior, se obtiene que las horas del día donde se presenta mayor circulación de buses en cuanto a demanda de movilización de las personas para el punto 2 son: a las 6:00 a.m. con un total de 160 articulados, a las 7:00 a.m. y 8:00 a.m. con un total de 120 articulados en cada hora y a las 6:00 p.m. con un total de 124 articulados. Se registra que las horas donde se genera menor circulación de buses es entre la 1:00 p.m. y 2:00 p.m. con un total de 66 articulados en cada hora.

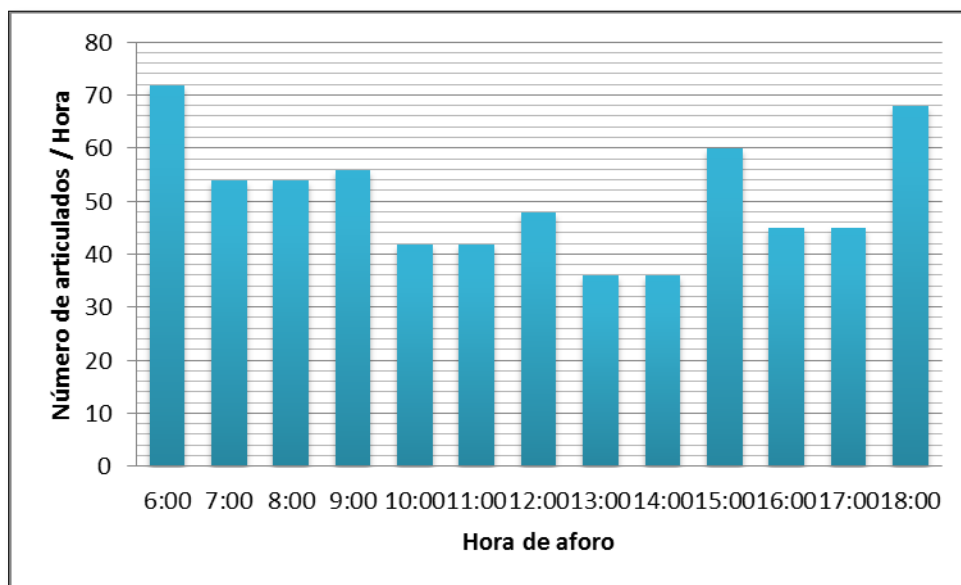


Figura 14 Flujo de articulados en el tercer punto aforado sobre el corredor Troncal entre las estaciones: Unidad Deportiva - La Buitrera. Fuente: Elaboración Propia.

El punto 3 registra los datos obtenidos de flujo vehicular, donde la máxima circulación se presenta a las 6:00 a.m. con un total de 72 buses, a las 9:00 a.m. con un total de 56 buses, a las 3 p.m. con un total de 60 buses y a las 6 p.m. con un total de 68 buses, lo cual coincide con el inicio y fin de actividades laborales y estudiantiles. Las horas donde el flujo vehicular es menor se presenta entre la 1:00 p.m. y 2:00 p.m. con un total de 36 buses para cada hora.

De acuerdo a la información suministrada por los operadores del SITM, las horas del día donde se presenta menor flujo vehicular se debe a: cambios en los turnos de los conductores, cambios en las rutas, entrada y salida de vehículos del taller y/o mantenimiento de estos.

La Tabla 10 contiene las velocidades calculadas entre estaciones, las cuales se promediaron para tener una velocidad única por cada uno de los tramos comprendidos entre la Estación San Pascual y la Estación La Buitrera.

Tabla 10 Información tomada en campo para el cálculo de velocidad promedio

Tramo	Estación	Distancia (m)	distancia (km)	tiempo (s)	tiempo(h)	velocidad(km/h)	Velocidad Promedio Km/h
<b>1</b>	SP-SB	294	0.294	25.35	0.00704167	42	<b>48</b>
	SB-SL	200.9	0.2009	15.075	0.0041875	48	
	SL-MS	155.4	0.1554	10.6	0.00294444	53	
<b>2</b>	MS-E	145.4	0.1454	10.375	0.00288194	50	<b>51</b>
	E-T	254.9	0.2549	17.346	0.00481833	53	
	T-L	168.9	0.1689	14.36	0.00398889	42	
	L-UD	95.8	0.0958	6.0245	0.00167347	57	
<b>3</b>	UD-PT	86.2	0.0862	9.035	0.00250972	34	<b>55</b>
	PT-P	185.7	0.1857	11.52	0.0032	58	
	P-R	238	0.238	17.85	0.00495833	48	
	R-C	218.3	0.2183	9.985	0.00277361	79	
<b>4</b>	C-CP	172.2	0.1722	13.906	0.00386278	45	<b>42</b>
	CP-M	156.7	0.1567	12.934	0.00359278	44	
	M-B	146.4	0.1464	13.696	0.00380444	38	

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que el tercer tramo es el que presenta la mayor velocidad promedio dentro del corredor troncal seleccionado para la zona de estudio, con un valor de 55km/h. Dentro de este tramo, la mayor velocidad se registró entre las estaciones Refugio y Caldas, con un valor de 79 km/h.

Se debe tener en cuenta que los valores calculados corresponden a la velocidad de circulación por parte de los articulados en la distancia especificada, esto no implica, que su velocidad sea constante en todo el tramo existente entre una estación a otra. Cabe resaltar que la velocidad máxima que puede alcanzar un bus articulado del SITM-MIO es de 80 km/hora, al igual que los buses articulados de México (Leo, Adame y Jiménez, 2012), Lima (Rios, 2012), Chile (Figueroa et al.,2013) y Quito (Suárez, 2015)

### 6.1.3 Cálculo de emisiones

Como resultado del modelo IVE y los datos anteriores, se obtuvieron emisiones para cada tramo de la zona de estudio (Anexo 3).

La suma de la emisión total de PM<sub>10</sub> de cada tramo comprendido entre San Pascual hasta La Buitrera, fue de 0,04339 ton/día. Estudios similares indican los siguientes valores de emisión, provenientes de fuentes móviles usando el modelo IVE: Bogotá obtuvo una emisión de 3 ton/día (Giraldo y Behrentz, 2005), Pereira obtuvo una emisión de 0,0138 ton/día (Restrepo, Izquierdo y López, 2007). Envigado obtuvo una emisión de 0,07275 ton/día (Londoño y Palacio, 2011), Cali

obtuvo una emisión de 0,5172 ton/día (DAGMA, 2012) y la Universidad Autónoma de Occidente – UAO obtuvo una emisión de 0,00851 ton/día (Giraldo, 2013). Con base en los estudios mencionados anteriormente, se puede decir que el resultado obtenido para este proyecto es mayor que el obtenido en la ciudad de Pereira y el estudio realizado en la Universidad Autónoma de Occidente, caso contrario ocurre con los estudios realizados en Bogotá, Envigado, Cali y el estudio realizado por Herrera, Rodríguez y Rojas (2012) donde obtuvieron una emisión de 0,47452 ton/día en Costa Rica, empleando el modelo MOBILE 6 de la EPA.

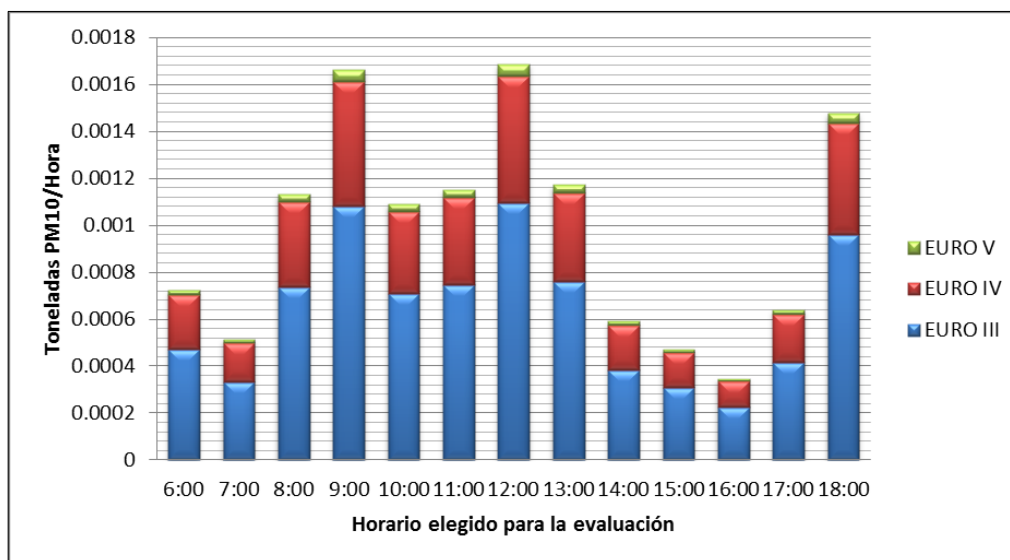


Figura 15 Emisiones de  $PM_{10}$  según el tipo de EURO para el primer tramo: Estación San Pascual-Estación Manzana del Saber. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15 se observa la variación de las emisiones del material particulado en la franja horaria establecida, esto se realiza para las diferentes categorías de vehículos que tiene el parque automotor del SITM. Es claro que las mayores emisiones son proporcionadas por Euro III con un valor de 0,00822 ton/día, mientras que las categorías Euro IV y Euro V muestran valores de 0,00406 ton/día y 0,00038 ton/día respectivamente

Se puede visualizar que las horas donde la emisión estimada es mayor corresponde a las 12:00 m. (0,00168 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula a esta hora es del 91%, 9:00 a.m. (0,00166 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula a esta hora es 92% y a las 6:00 p.m. (0,00147 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula a esta hora es 97%, mientras que la menor emisión se presenta a las 2:00 p.m. (0,00059



ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula a esta hora es 91%, 7:00 a.m. (0,00051 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula a esta hora es 92%, 3:00 p.m. (0,00047 ton/hora) y 4:00 p.m. (0,00034 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula para estas horas es 89%.

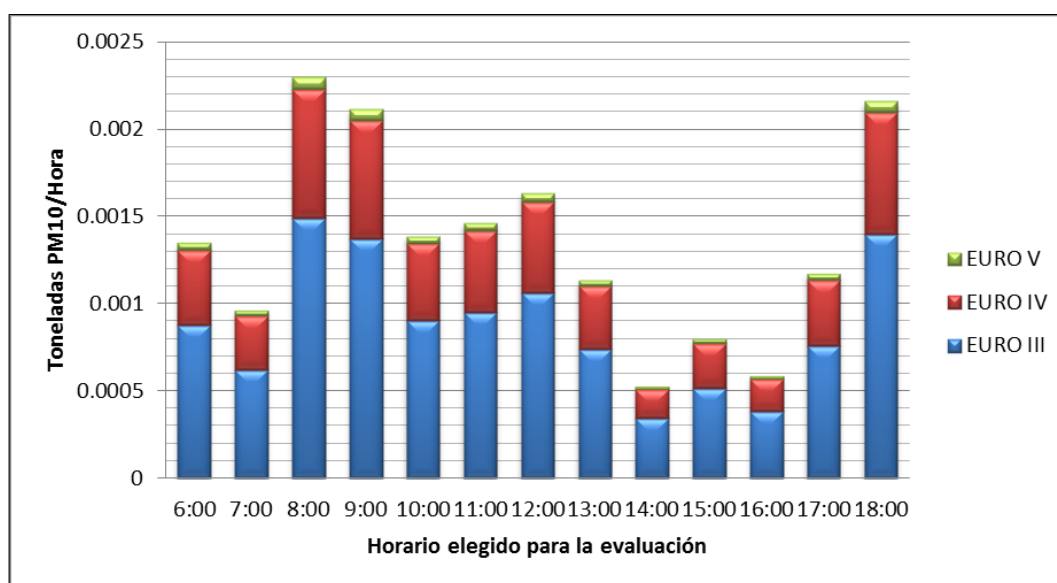


Figura 16 Emisiones de  $PM_{10}$  según tipo de EURO para el segundo tramo: Estación Manzana del Saber – Estación Unidad Deportiva. Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 16 se observa la variación horaria de las emisiones del material particulado, para las diferentes categorías de vehículos que tiene el parque automotor del SITM. Es claro que la mayor emisión proviene de buses con Euro III con un valor de 0,01141 ton/día, mientras que las categorías Euro IV y Euro V muestran valores de 0,00563 ton/día y 0,00053 ton/día respectivamente

Las horas donde la emisión es mayor corresponde a las 8:00 a.m. (0,0023 ton/hora) y 6:00 p.m. (0,00215 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula para estas horas es 97% y a las 9:00 a.m. (0,00211 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula a esta hora es 81%, mientras que la menor emisión se presenta a las 3:00 p.m. (0,00079 ton/hora) y 4:00 p.m. (0,00058 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula en estas horas es 100% y a las 2:00 p.m. (0,00052 ton/hora), donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula es 91%.

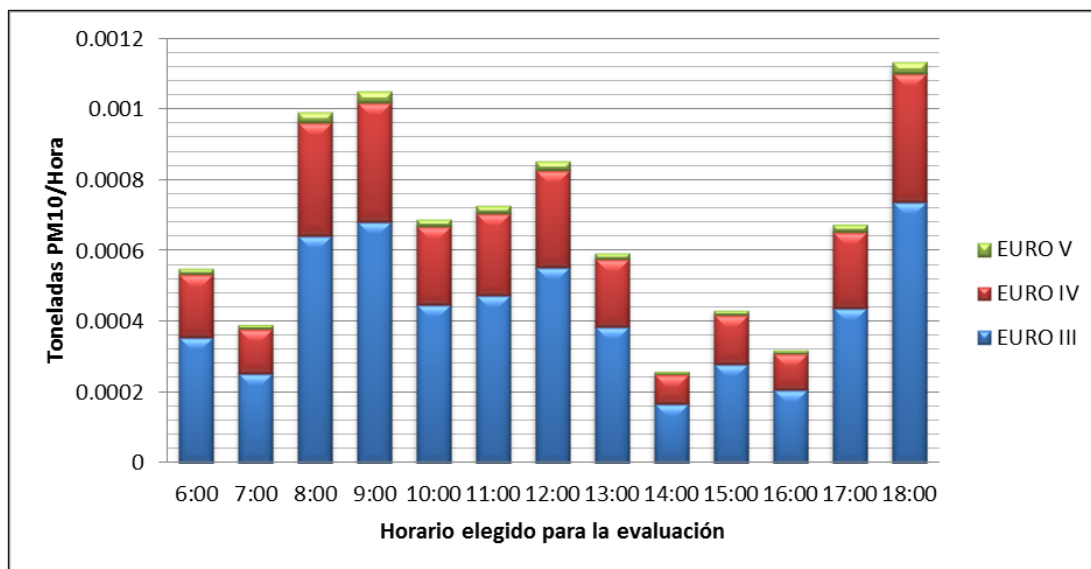


Figura 17 Emisiones de  $PM_{10}$  según tipo de EURO para el tercer tramo: Estación Unidad Deportiva – Estación Caldas. Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 17 se observa la variación de emisión del material particulado en la franja horaria establecida, esto se realiza para las diferentes categorías de vehículos que tiene el parque automotor del SITM. Es claro que las mayores emisiones son proporcionadas por Euro III con un valor de 0,00562 ton/día, mientras que las categorías Euro IV y Euro V muestran valores de 0,00277 ton/día y 0,00026 ton/día respectivamente

Se identifica que las horas donde la emisión es mayor corresponde a las 6:00 p.m. (0,00113 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula para esta hora es 100% , 9:00 a.m. (0,00105 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula para esta hora es 93% y a las 8:00 a.m. (0,00099 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula a esta hora es 100%, mientras que la menor emisión se presenta a las 7:00 a.m. (0,00039 ton/hora) y 4:00 p.m. (0,00031 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula en estas horas es 100% y a las 2:00 p.m. (0,00025 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula es 93%.

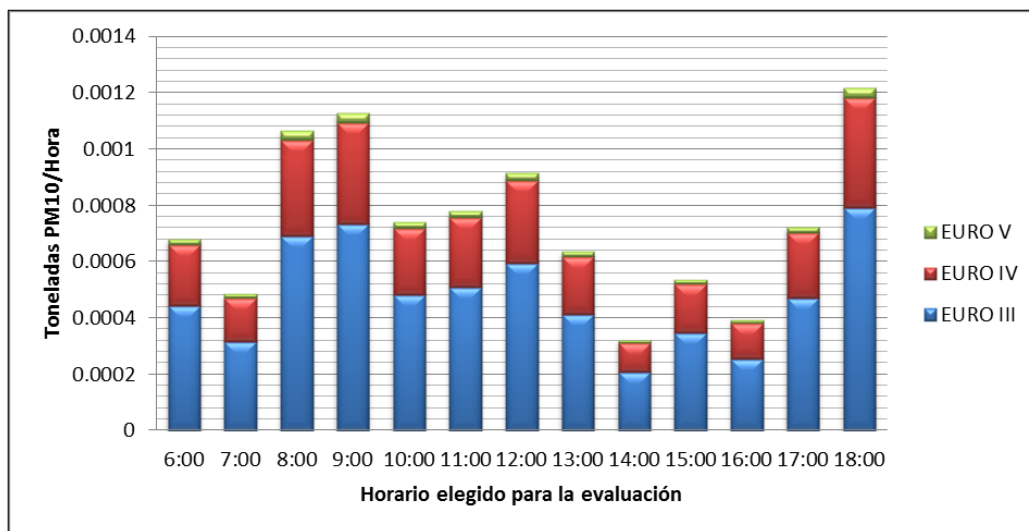


Figura 18 Emisiones de  $PM_{10}$  según tipo de EURO para el cuarto tramo: Estación Caldas – Estación La Buitrera. Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 18 se observa la variación de las emisiones del material particulado en la franja horaria establecida, esto se realiza para las diferentes categorías de vehículos que tiene el parque automotor del SITM. Es claro que los mayores emisiones son proporcionadas por Euro III con un valor de 0,00624 ton/día, mientras que las categorías Euro IV y Euro V muestran valores de 0,00308 ton/día y 0,00029 ton/día respectivamente

Se puede visualizar que las horas donde la emisión es mayor corresponde a las 6:00 p.m. (0,00121 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula para esta hora es 100% , 9:00 a.m. (0,00112 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula para esta hora es 93% y a las 8:00 a.m. (0,00106 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula a esta hora es 100%, mientras que la menor emisión se presenta a las 7:00 a.m. (0,00048 ton/hora) y 4:00 p.m. (0,00039 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula en estas horas es 100% y a las 2:00 p.m. (0,00032 ton/hora) donde el porcentaje de buses con tecnología de control Euro III que circula es 93%.

Las figuras anteriores corresponden a las emisiones de  $PM_{10}$  según el tipo de tecnología de control emitidas por la flota del SITM-MIO (Figura 19), se observa que las emisiones provenientes de los articulados con Euro III equivalen al 64,9%, las cuales son emitidas por 103 buses (51%) del sistema, dichas emisiones son mayores a la generadas por otros tipos de tecnología (Euro IV y Euro V) en cada uno de los tramos de la zona de estudio.

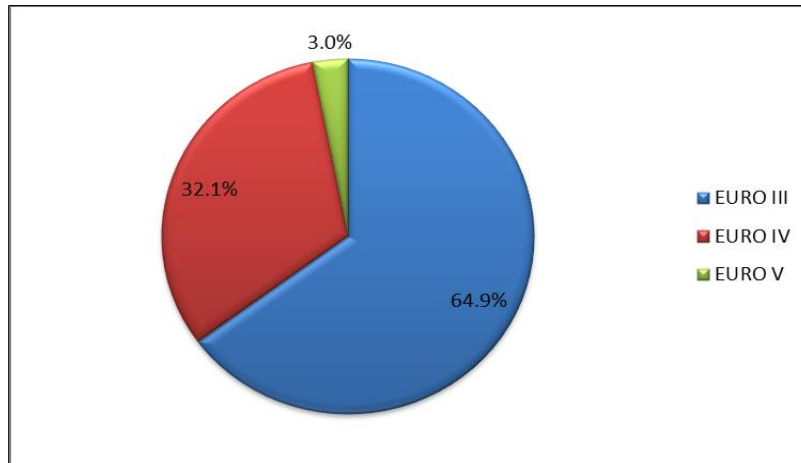


Figura 19. Emisiones acumuladas de  $PM_{10}$  según el tipo de tecnología de control.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20 se observan las emisiones totales diarias de  $PM_{10}$  de cada uno de los 4 tramos de la zona de estudio, donde se evidencia que el segundo tramo es el que mayor emisión de  $PM_{10}$  está aportando al medio ambiente. Esto se debe a que en este tramo de 2.4 km, circulan 1264 buses articulados del SITM-MIO (Figura 11) y contiene la estación de Unidad Deportiva la cual es una terminal intermedia, es decir, que está ubicada al interior de la ciudad, tiene cercanía con algunas vías principales (en este caso la calle 5) y es un punto que genera abundante demanda, ya que se realizan trasbordos entre buses troncales, expresos, pretroncales, complementarios y MIO-Cable.

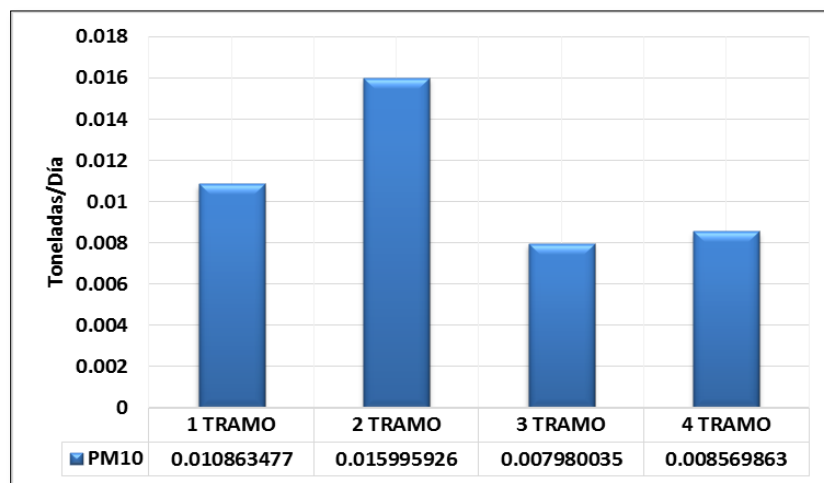


Figura 20 Emisiones totales diarias de  $PM_{10}$  de cada uno de los tramos del corredor troncal comprendido entre la estación San Pascual – La Buitrera. Fuente: Elaboración propia.

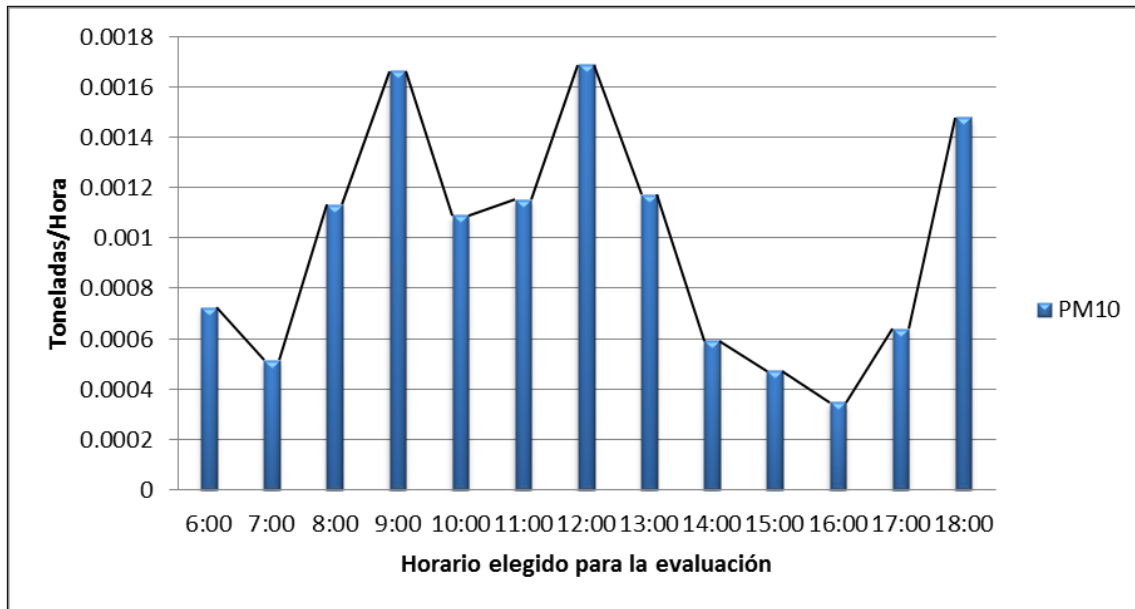


Figura 21 Emisiones de  $PM_{10}$  para el primer tramo: Estación San Pascual - Estación Manzana del Saber. Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se presentan las variaciones de las emisiones de  $PM_{10}$ , para el primer tramo de la zona de estudio, se puede observar que las horas del día donde se presentan valores máximos de  $PM_{10}$  corresponden a las 12:00 p.m. con un factor de emisión aproximada de 0,001688 ton/h, proveniente de 92 buses articulado del SITM-MIO, a las 9:00 a.m. con una de emisión aproximada de 0,001664 ton/h, proveniente de 120 buses articulados del SITM-MIO y a las 6:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00147 ton/h, proveniente de 124 buses articulados del SITM-MIO. Las horas del día donde se obtuvieron valores mínimos de  $PM_{10}$  corresponden a las 7:00 a.m. con una emisión aproximada de 0,00051 ton/h, proveniente de 78 buses articulados del SITM-MIO, a las 3:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00047 ton/h, proveniente de 76 buses articulados del SITM-MIO y a las 4:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00034 ton/h, proveniente de 57 buses articulados del SITM-MIO.

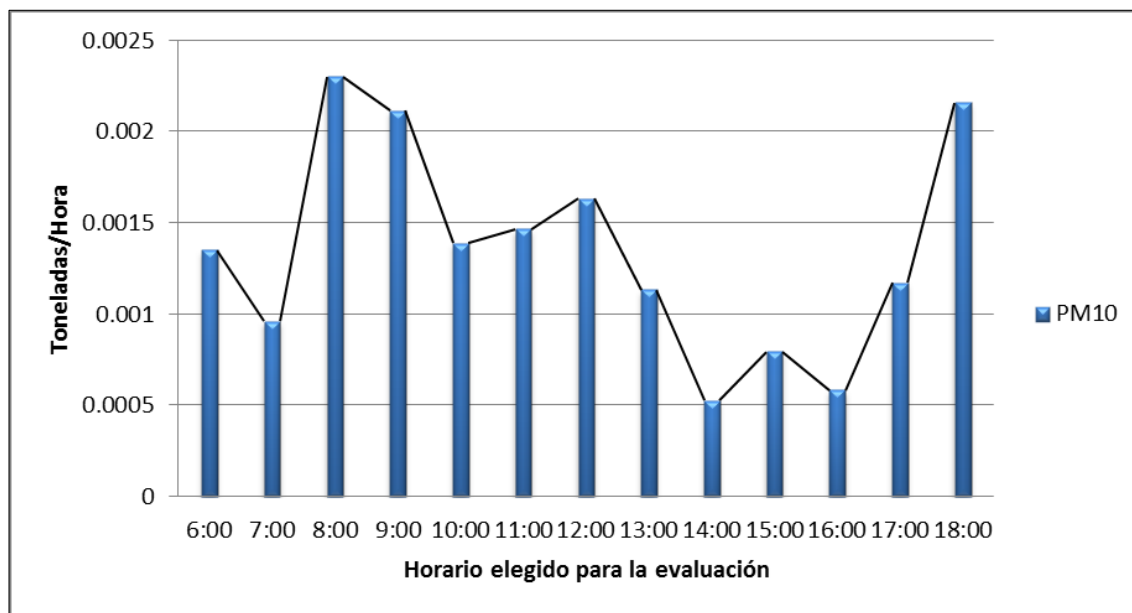


Figura 22 Emisiones de  $PM_{10}$  para el segundo tramo: Estación Manzanita del Saber - Estación Unidad Deportiva. Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se presentan las variaciones de las emisiones de  $PM_{10}$ , para el segundo tramo de la zona de estudio, se puede observar que las horas donde se presentan valores máximos de  $PM_{10}$  corresponden a las 8:00 a.m. con una emisión aproximada de 0,00230 ton/h, proveniente de 120 buses articulados del SITM-MIO, a las 6:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00215 ton/h, proveniente de 124 buses articulados del SITM-MIO y a las 9:00 a.m. con una emisión aproximada de 0,00211 ton/h, proveniente de 108 buses articulados del SITM-MIO. Los valores mínimos de  $PM_{10}$  se presentan a las 3:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00079 ton/h, proveniente de 100 buses articulados del SITM-MIO, a las 4:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00058 ton/h, proveniente de 75 buses articulados del SITM-MIO y a las 2:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00052 ton/h, proveniente de 66 buses articulados del SITM-MIO.

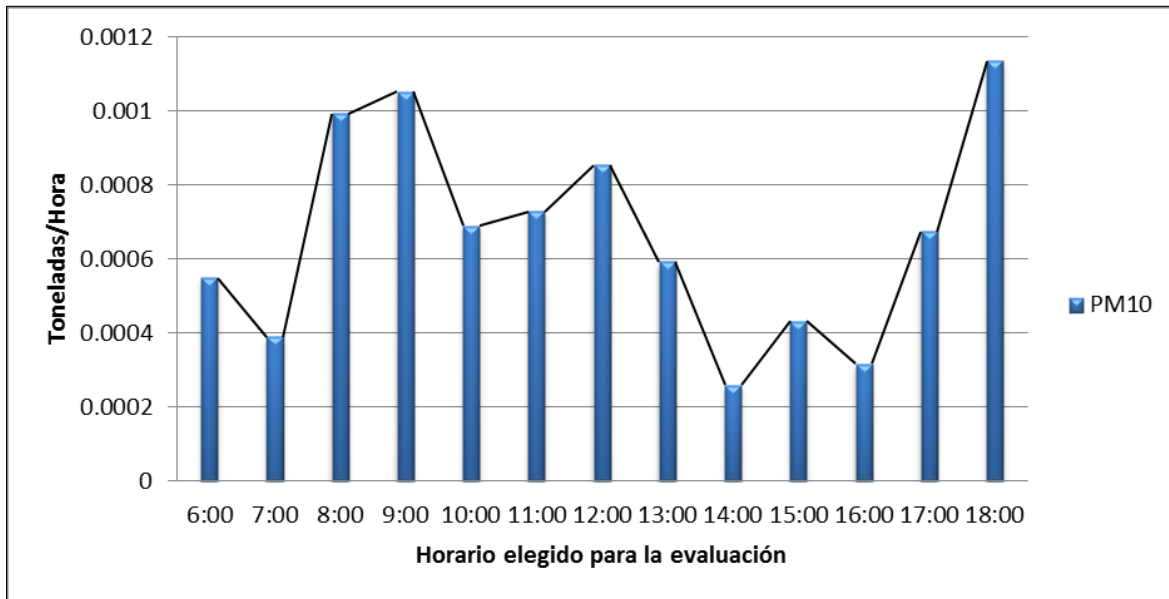


Figura 23 Emisiones de  $PM_{10}$  para el tercer tramo: Estación Unidad Deportiva - Estación Caldas. Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se presentan las variaciones de emisión de  $PM_{10}$  presentes en el tercer tramo de la zona de estudio, se puede observar que los valores máximos de  $PM_{10}$  corresponden a las 6:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00113 ton/h, proveniente de 68 buses articulados del SITM-MIO, a las 9:00 a.m. con una emisión aproximada de 0,00105 ton/h, proveniente de 56 buses articulados del SITM-MIO y a las 8:00 a.m. con una emisión aproximada de 0,00099 ton/h, proveniente de 56 buses articulados del SITM-MIO. Los valores mínimos de  $PM_{10}$  se presentan a las 3:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00043 ton/h, provenientes de 60 buses articulados del SITM-MIO, a las 4:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00031 ton/h, proveniente de 45 buses articulados del SITM-MIO y a las 2:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00025 ton/h, proveniente de 36 buses articulados del SITM-MIO.

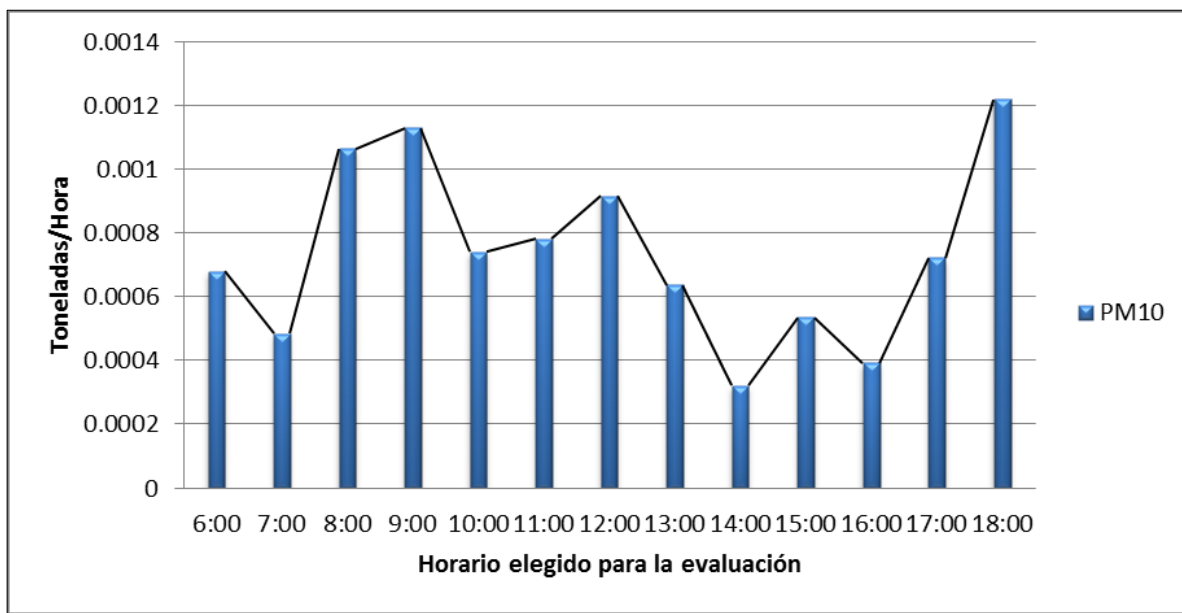


Figura 24 Emisiones de  $PM_{10}$  para el cuarto tramo: Estación Caldas -Estación La Buitrera. Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 se presentan las variaciones de emisión de  $PM_{10}$  para el cuarto tramo de la zona de estudio, se puede observar que los valores máximos de  $PM_{10}$  corresponden a las 6:00 p.m. con una emisión aproximado de 0,00121 ton/h, proveniente de 68 buses articulados del SITM-MIO, a las 9:00 a.m. con una emisión aproximado de 0,00112 ton/h, proveniente de 56 buses articulados del SITM-MIO y a las 8:00 a.m. con una emisión aproximada de 0,00106 ton/h, proveniente de 54 buses articulados del SITM-MIO. Los valores mínimos de  $PM_{10}$  se presentan a las 3:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00053 ton/h, proveniente de 60 buses articulados del SITM-MIO, a las 4:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00039 g/h, proveniente de 45 buses articulados del SITM-MIO y a las 2:00 p.m. con una emisión aproximada de 0,00032 ton/h, proveniente de 36 buses articulados del SITM-MIO.

Los datos de emisión de  $PM_{10}$  obtenidos anteriormente, fueron comparados con datos horarios de  $PM_{10}$  emitidos por la flota de buses de Cundinamarca-jurisdicción CAR (104 municipios), los cuales representan el 33% de la emisiones totales de fuentes móviles (Dávila, 2015). En la Tabla 11, se puede evidenciar que las emisiones provenientes de los buses de Cundinamarca, son mayores a las emitidas por el SITM-MIO en el horario de evaluación establecido. Esto se debe a que la zona de estudio de Cundinamarca comprende un área con vías municipales e intermunicipales, mientras que la zona de estudio seleccionada para este proyecto es una parte sobre el corredor Troncal, comprendido entre la estación San Pascual hasta la estación La Buitrera.



Tabla 11 Comparación de datos de emisión de PM<sub>10</sub> en temporalidad horaria

Hora	PM10 Ton/Hora	
	Buses Cundinamarca	SITM-Mio
6:00	0.152	0.006
7:00	0.194	0.004
8:00	0.181	0.009
9:00	0.163	0.013
10:00	0.161	0.009
11:00	0.162	0.009
12:00	0.176	0.014
13:00	0.152	0.009
14:00	0.166	0.005
15:00	0.180	0.004
16:00	0.186	0.003
17:00	0.150	0.005
18:00	0.125	0.012

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Modelación de la dispersión de las emisiones

Como resultados en esta fase se obtuvieron salidas gráficas de concentración en temporalidad diaria (Anexo 4) y horaria (Anexo 5) para cada uno de los 4 tramos entre la estación San Pascual hasta la estación La Buitrera, esto con el objetivo de facilitar la interpretación de la información de manera espacial y organizada, para la toma de decisiones y/o elementos de planeación

Las concentraciones calculadas para la temporalidad diaria en el área de estudio, indican que la mayor concentración se presenta en el segundo tramo con un valor de  $2,8 \mu g/m^3$  y en el tercer tramo se tiene un valor de  $0,49 \mu g/m^3$  correspondiente a la menor concentración, lo cual coincide con el comportamiento de los factores de emisión para dicho tramos (Figura 25).

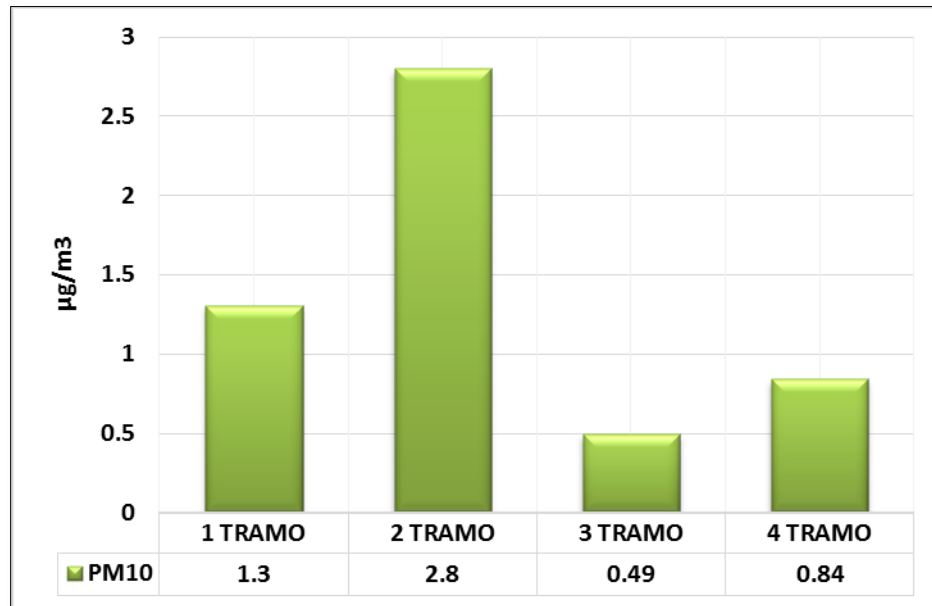


Figura 25 Concentraciones diarias de  $PM_{10}$  obtenidas para la zona de estudio  
Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes figuras se evidencian los valores de concentración de  $PM_{10}$  obtenidos por día, para cada uno de los tramos de la zona de estudio, los cuales se utilizaron para ser comparados con las diferentes normativas en cuanto a este contaminante a nivel Nacional e Internacional.

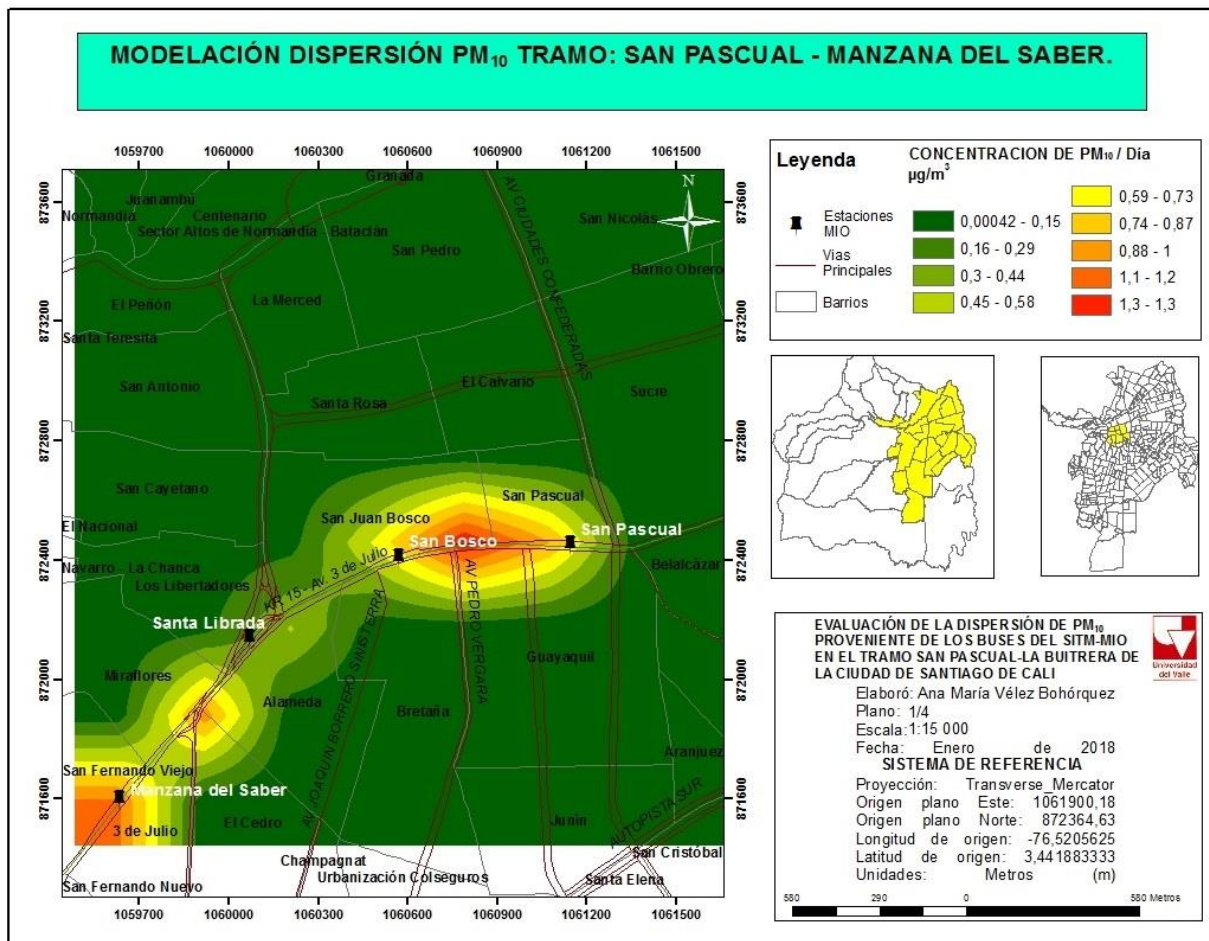


Figura 26. Mapa de concentraciones por día de PM<sub>10</sub> en el primer tramo: San Pascual – Manzana del Saber.

Para el primer tramo se obtuvo una concentración diaria máxima de  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  la cual corresponde al 1 de Febrero de 2010, en este día se presentó una velocidad del viento de  $1,2 \text{ m/s}$ , dirección del viento de  $148 \text{ grados}$ , temperatura de  $24,9^\circ \text{C}$ , humedad de  $68,7 \%$  y radiación solar de  $144 \text{ watt}/\text{m}^2$ . Todos los datos mencionados anteriormente equivalen a valores promediados.

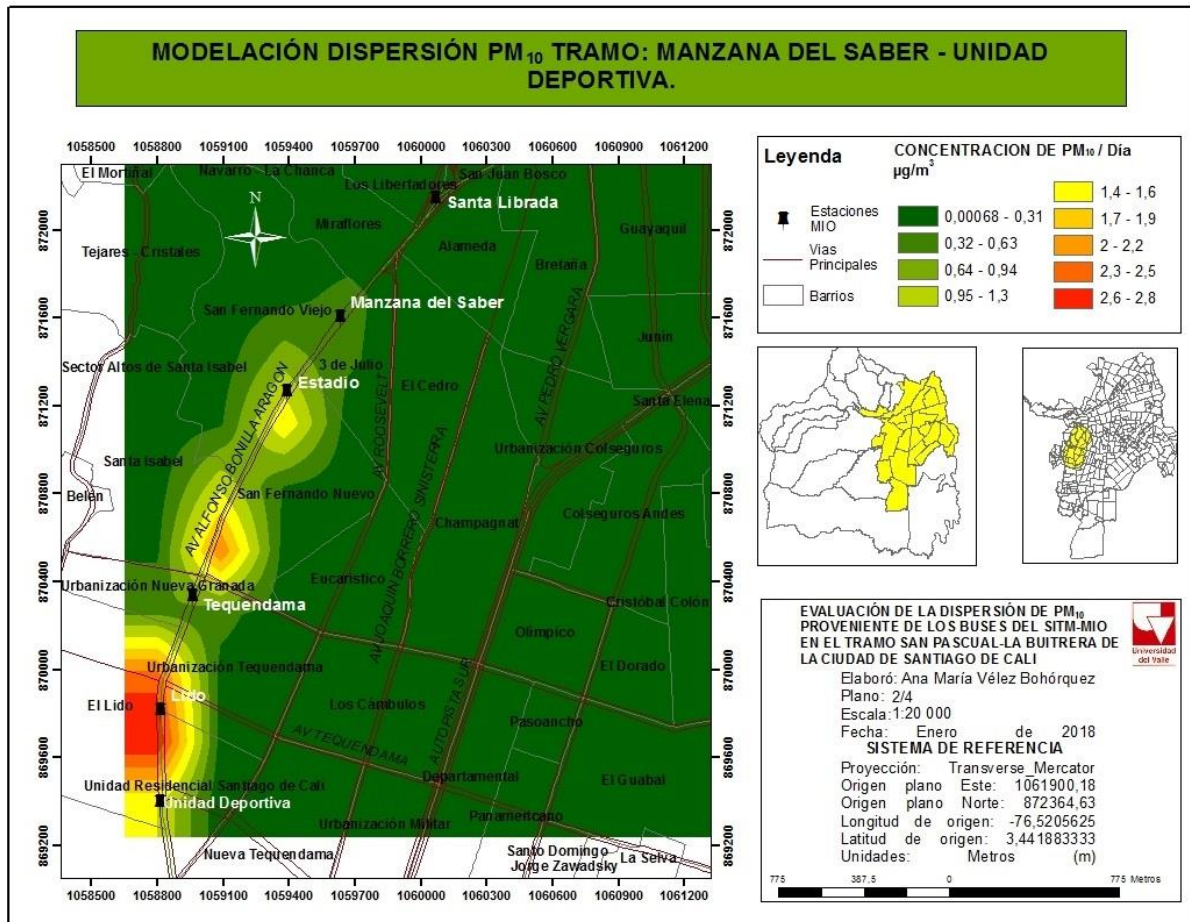


Figura 27. Mapa de concentraciones por día de PM<sub>10</sub> en el segundo tramo: Manzanita del Saber – Unidad Deportiva.

La anterior figura muestra las concentraciones de PM<sub>10</sub> calculadas para el segundo tramo, donde se obtuvo como concentración diaria máxima de  $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la cual corresponde al 11 de Marzo de 2010, para este día se presentó una velocidad del viento de  $1.15 \text{ m/s}$ , dirección del viento de  $148.91 \text{ grados}$ , temperatura de  $25.18^\circ\text{C}$ , humedad de  $72.44 \%$ , radiación solar de  $193.58 \text{ watt}/\text{m}^2$  y lluvia promedio de  $0.54 \text{ mm}$ . Todos los datos mencionados anteriormente equivalen a valores promedios.

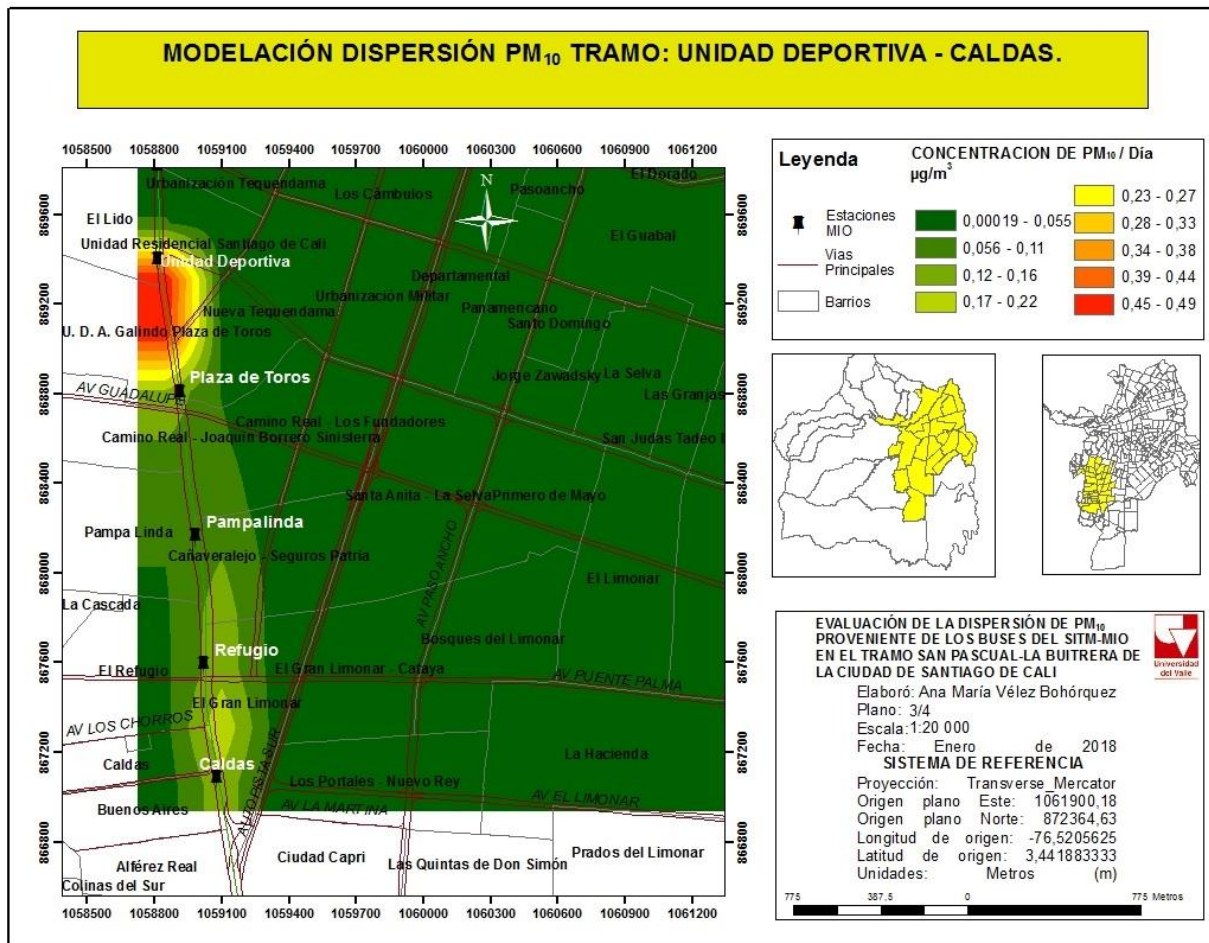


Figura 28. Mapa de concentraciones por día de PM<sub>10</sub> en el tercer tramo: Unidad Deportiva – Caldas.

La figura 28 representa las concentraciones de PM<sub>10</sub> presente entre las estaciones Unidad Deportiva-Caldas, donde se obtuvo un valor máximo por día de  $0,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que corresponde al 11 de Febrero de 2010, en este día se presentó una velocidad del viento de  $1.44 \text{ m/s}$ , dirección del viento de  $196.38 \text{ grados}$ , temperatura de  $26.78^\circ\text{C}$ , humedad de  $65.63 \%$  y radiación solar de  $232.83 \text{ watt}/\text{m}^2$ . Todos los datos mencionados anteriormente equivalen a valores promedios.



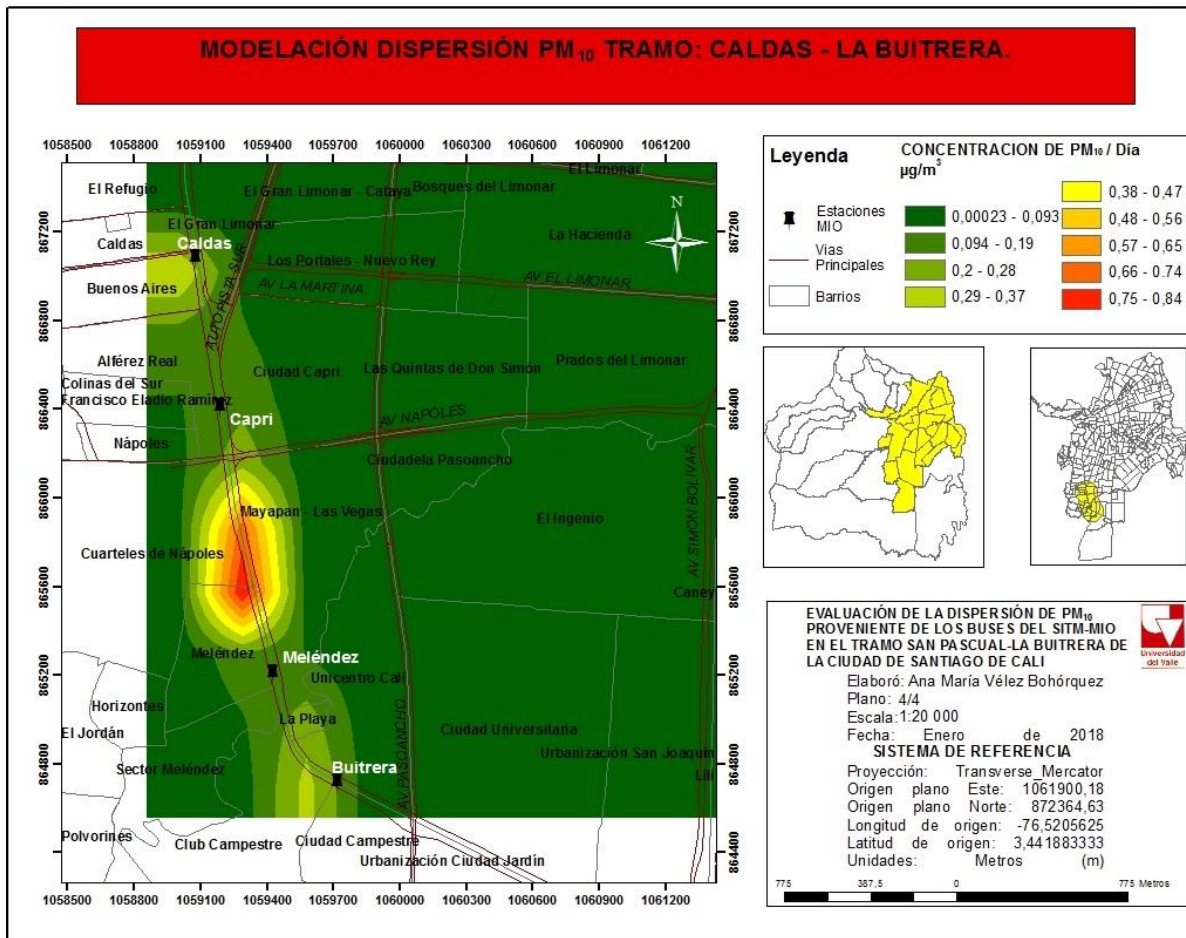


Figura 29. Mapa de concentraciones por día de PM<sub>10</sub> en el cuarto tramo: Caldas – La Buitrera.

En la figura 29 se muestra que la concentración máxima diaria de PM<sub>10</sub> para este tramo fue de  $0,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , las cual corresponde al 9 de Marzo de 2010, en este día se presentó una velocidad del viento de  $0.88 \text{ m/s}$ , dirección del viento de  $142.09 \text{ grados}$ , temperatura de  $22.93^\circ\text{C}$ , humedad de  $86.53 \%$ , radiación solar de  $193.58 \text{ watt}/\text{m}^2$  y lluvia de  $1.99 \text{ mm}$ . Todos los datos mencionados anteriormente equivalen a valores promedios.

Los valores de concentración máximos diarios de PM<sub>10</sub> para cada tramo obtenidos anteriormente se compararon con normas a nivel Nacional e Internacional (Figura 30). Dando como resultado que las concentraciones provenientes de los buses articulados del SITM-MIO en la zona de estudio no sobrepasan los límites permisibles de PM<sub>10</sub>, esto se asocia a que los buses articulados representan el  $0,62\%$  del transporte público existente en el municipio (Secretaría de Tránsito y Transporte, 2005-2011).

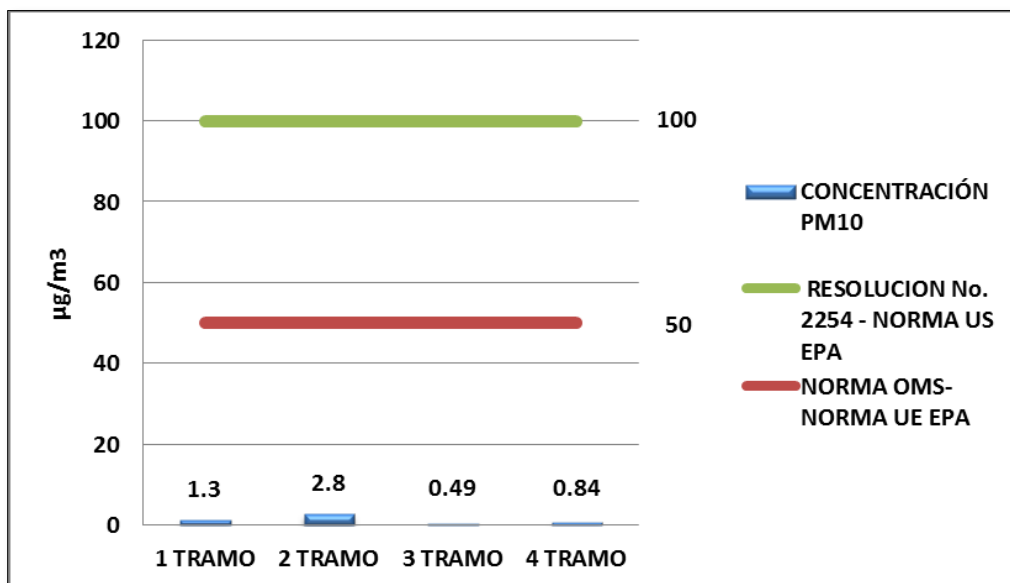


Figura 30 Comparación de concentraciones diarias de  $PM_{10}$  de cada tramo de la zona de estudio con normas nacionales e internacionales.

Soto, Mejía y Miranda (2014) registraron que las mayores concentraciones de  $PM_{10}$  en temporalidad horaria se dan entre las 6:00 a.m. y las 7:00 p.m., lo cual coincide con las horas donde se obtuvieron concentraciones máximas para este estudio. En las siguientes figuras se evidencian los valores máximos de  $PM_{10}$  por hora obtenidos para cada uno de los tramos de la zona de estudio, es decir las horas del día donde las personas se encuentran más vulnerables a la inhalación de este contaminante, el cual afecta directamente su salud y el medio ambiente.

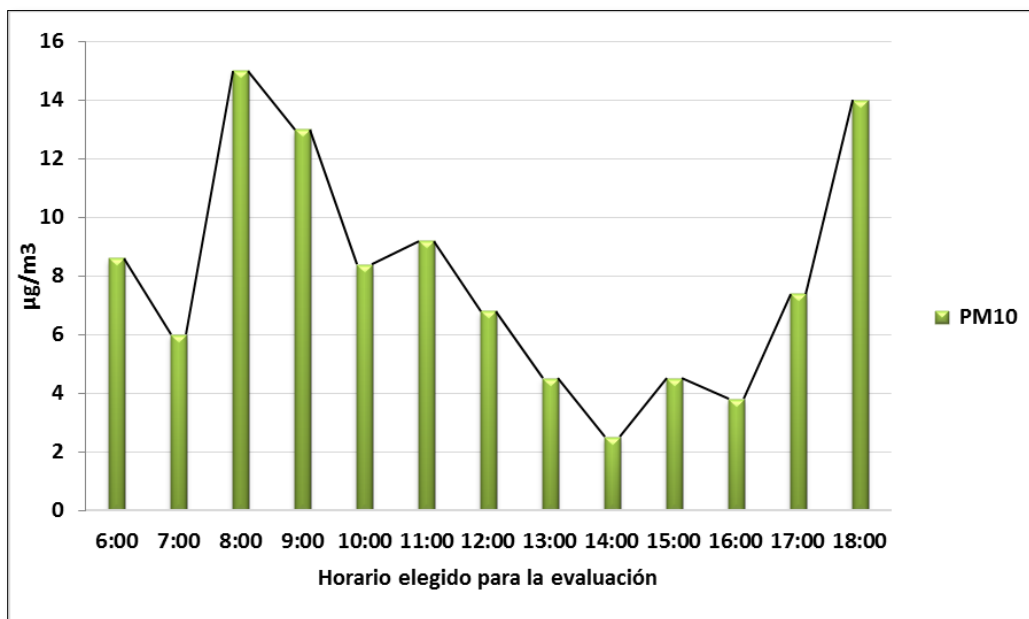


Figura 31. Concentraciones de PM<sub>10</sub> para el primer tramo: Estación San Pascual - Estación Manzana del Saber. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31 se evidencian los valores de concentración de PM<sub>10</sub> obtenidos para el primer tramo de la zona de estudio, donde la concentración máxima, se presentó a las 8 de la mañana con un valor de  $15 \mu g/m^3$ . Esta concentración se desplaza en sentido Noreste, afectando principalmente los barrios: 3 de Julio, San Fernando viejo, Miraflores, Alameda, Libertadores, El Cedro, San Juan Bosco y San Pascual (Figura 32), donde la población vulnerable presente en estos barrios corresponde a 32.805 habitantes (DANE,2015).



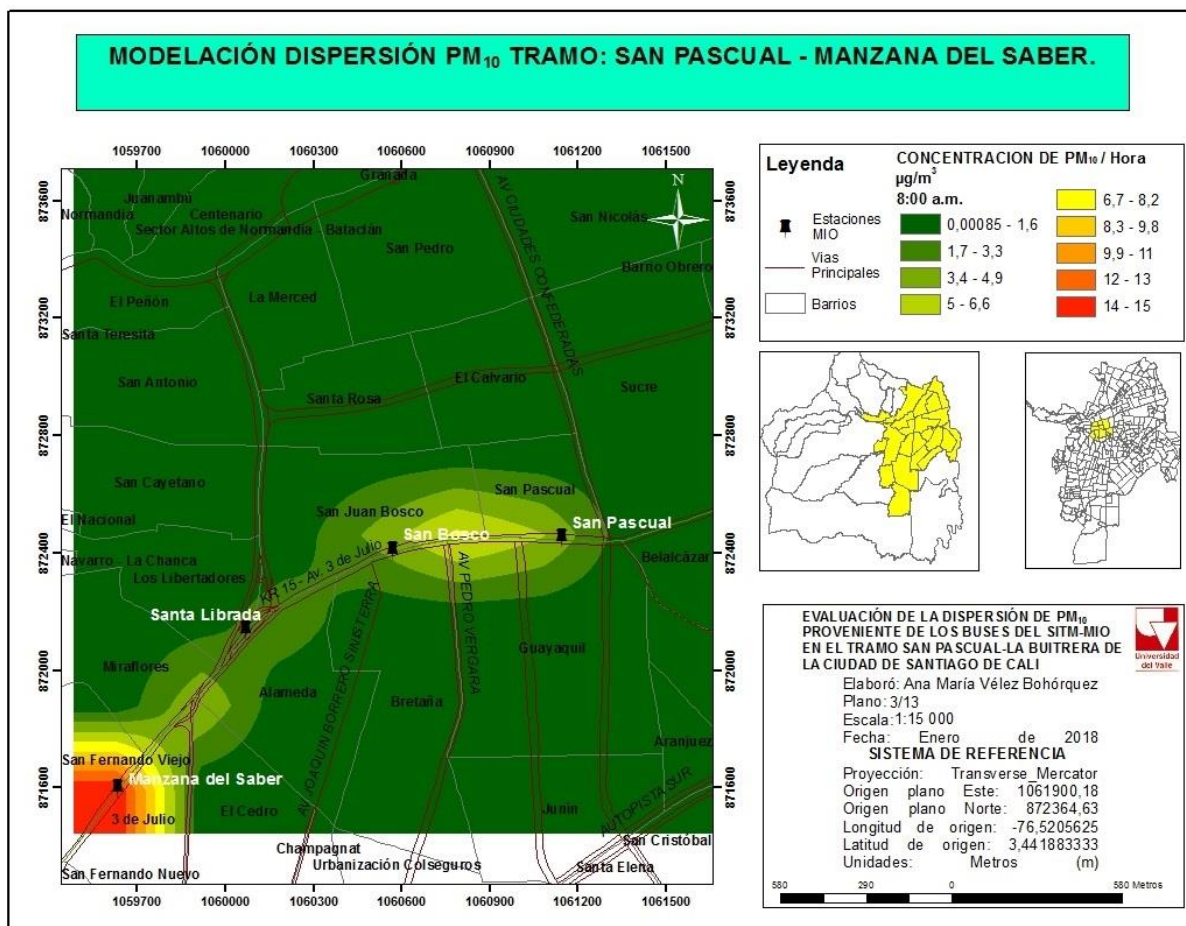


Figura 32. Mapa de concentración por hora de PM<sub>10</sub> en el primer tramo: San Pascual – Manzana del Saber. Fuente: Elaboración propia

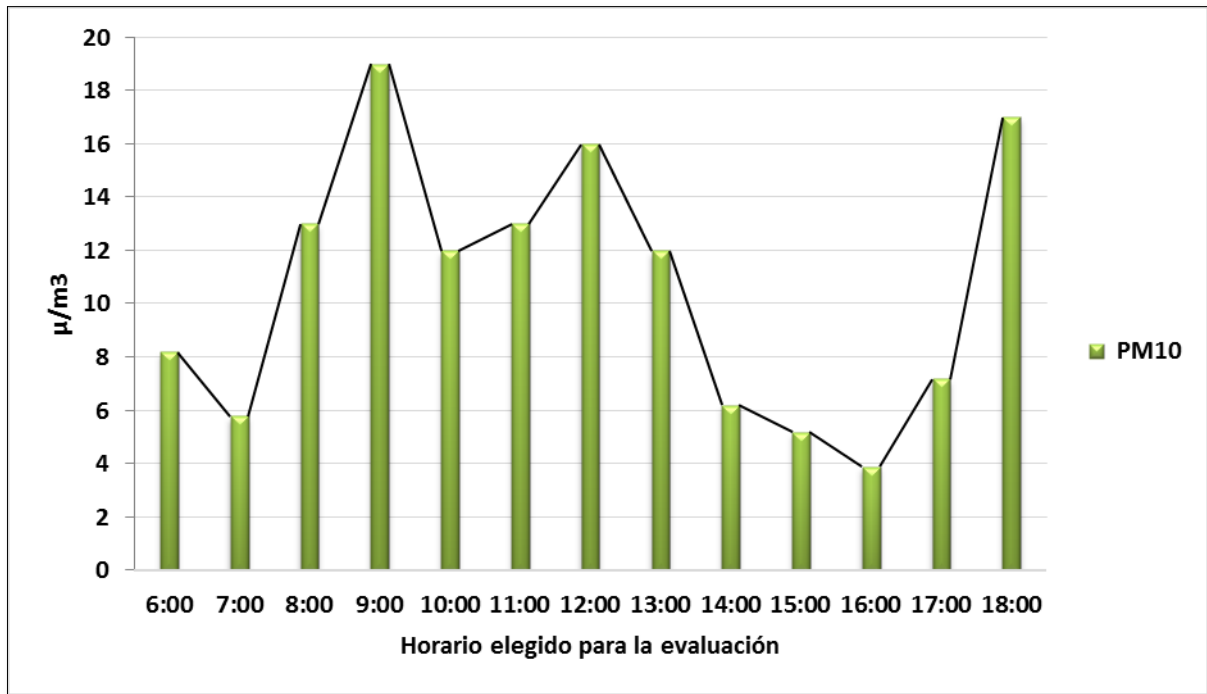


Figura 33 Concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  para el segundo tramo: Estación Manzana del Saber -Estación Unidad Deportiva. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 33 se evidencian los valores de concentración de  $\text{PM}_{10}$  obtenidos para el segundo tramo de la zona de estudio, donde la concentración máxima, se presentó a las 9 de la mañana con un valor de  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esta concentración se desplaza en sentido Noreste, afectando principalmente los barrios: Lido, Tequendama, San Fernando Viejo y Nuevo, Santa Isabel y 3 de Julio (Figura 34), donde la población vulnerable presente en estos barrios corresponde a 25.602 habitantes (DANE,2015)

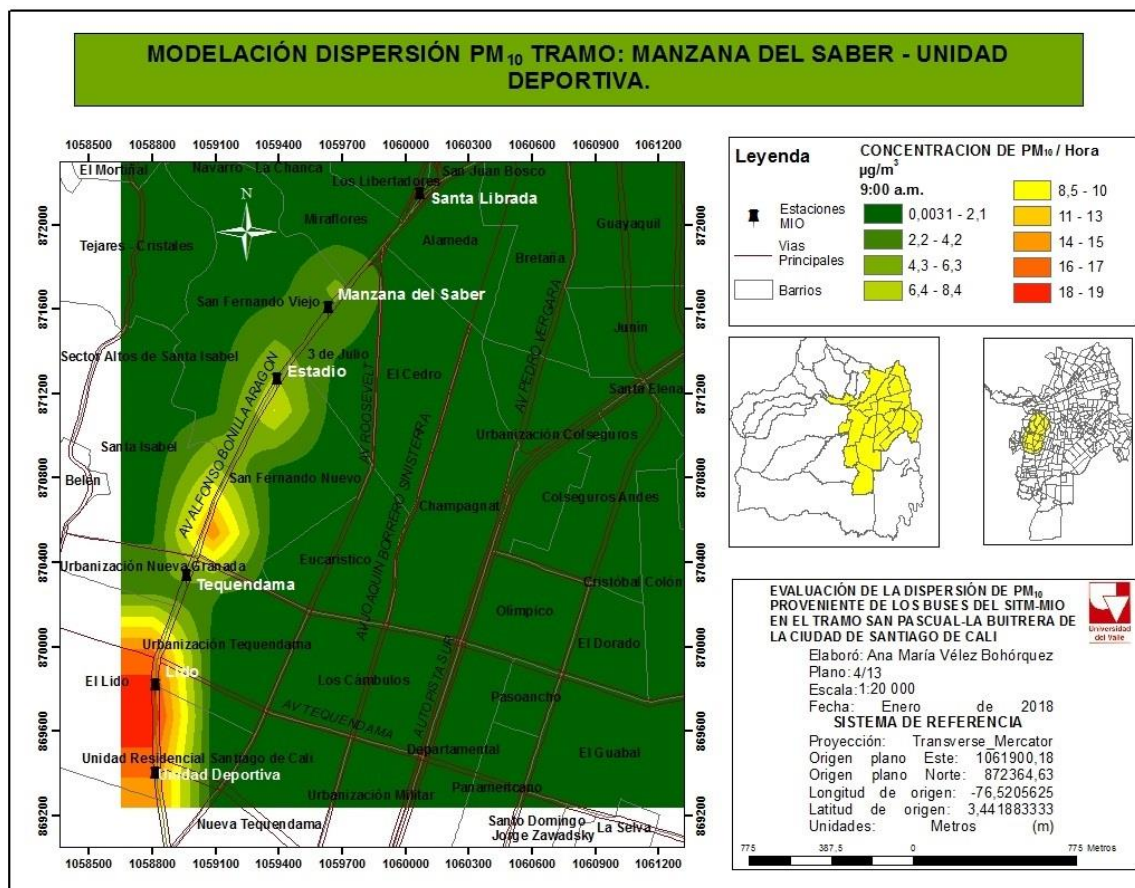


Figura 34. Mapa de concentración por hora de PM<sub>10</sub> en el segundo tramo: Manzanita del Saber – Unidad Deportiva. Fuente: Elaboración propia.

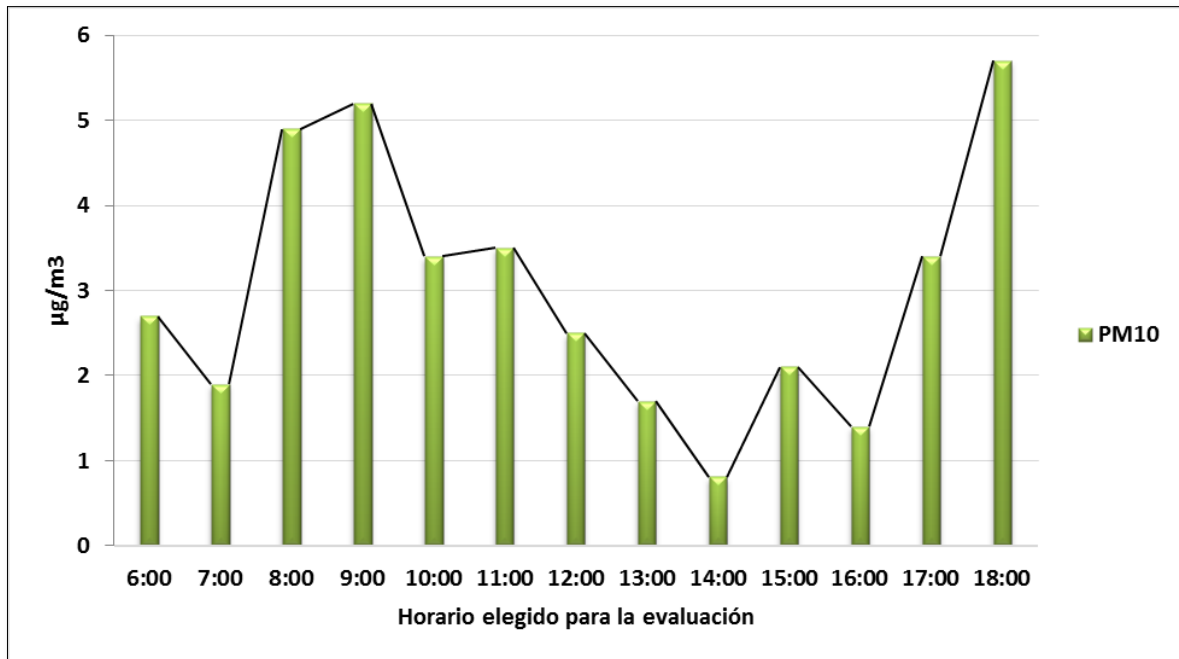


Figura 35 Concentraciones de PM<sub>10</sub> para el tercer tramo: Estación Unidad Deportiva -Estación Caldas Fuente: Elaboración propia.

En Figura 35 se evidencia los valores de concentración de PM<sub>10</sub> obtenidos para el tercer tramo de la zona de estudio, donde la concentración máxima, se presentó a las 6 de la tarde con un valor de 5,7  $\mu g/m^3$ . Esta concentración se desplaza en sentido Noroeste, afectando principalmente los barrios: Refugio, Caldas, Limonar, Cañaveralejo, Pampalinda y Nuevo Tequendama (Figura 36), donde la población vulnerable presente en estos barrios corresponde a 41.686 habitantes (DANE, 2015)

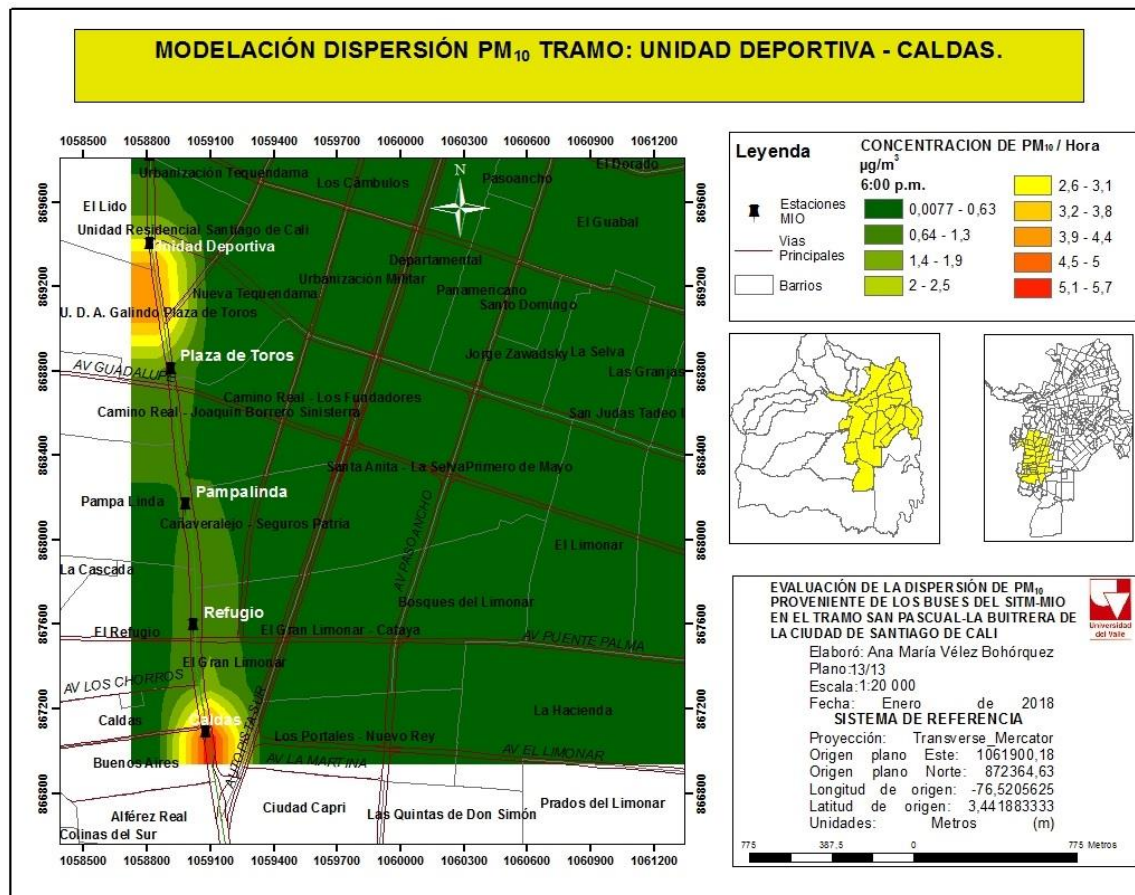


Figura 36. Mapa de concentración por hora de PM<sub>10</sub> en el tercer tramo: Unidad Deportiva – Caldas. Fuente: Elaboración propia.

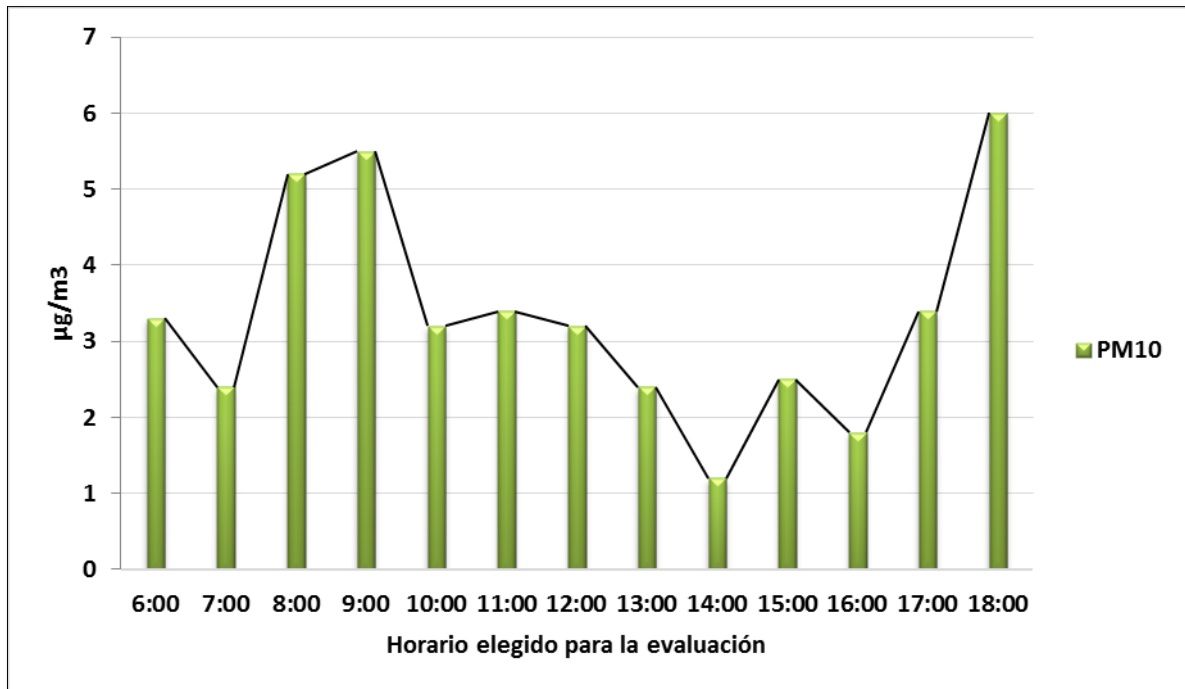


Figura 37 Concentraciones de PM<sub>10</sub> para el cuarto tramo: Estación Caldas - Estación La Buitrera Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 37 se evidencia los valores de concentración de PM<sub>10</sub> obtenidos para el cuarto tramo de la zona de estudio, donde la concentración máxima, se presentó a las 6 de la tarde con un valor de 6  $\mu g/m^3$ . Esta concentración se desplaza en sentido Noroeste, afectando principalmente los barrios: La playa, Meléndez, Nápoles, Las Vegas, Capri, Buenos Aires y Limonar (Figura 38), donde la población vulnerable presente en estos barrios corresponde a 35.272 habitantes (DANE,2015)



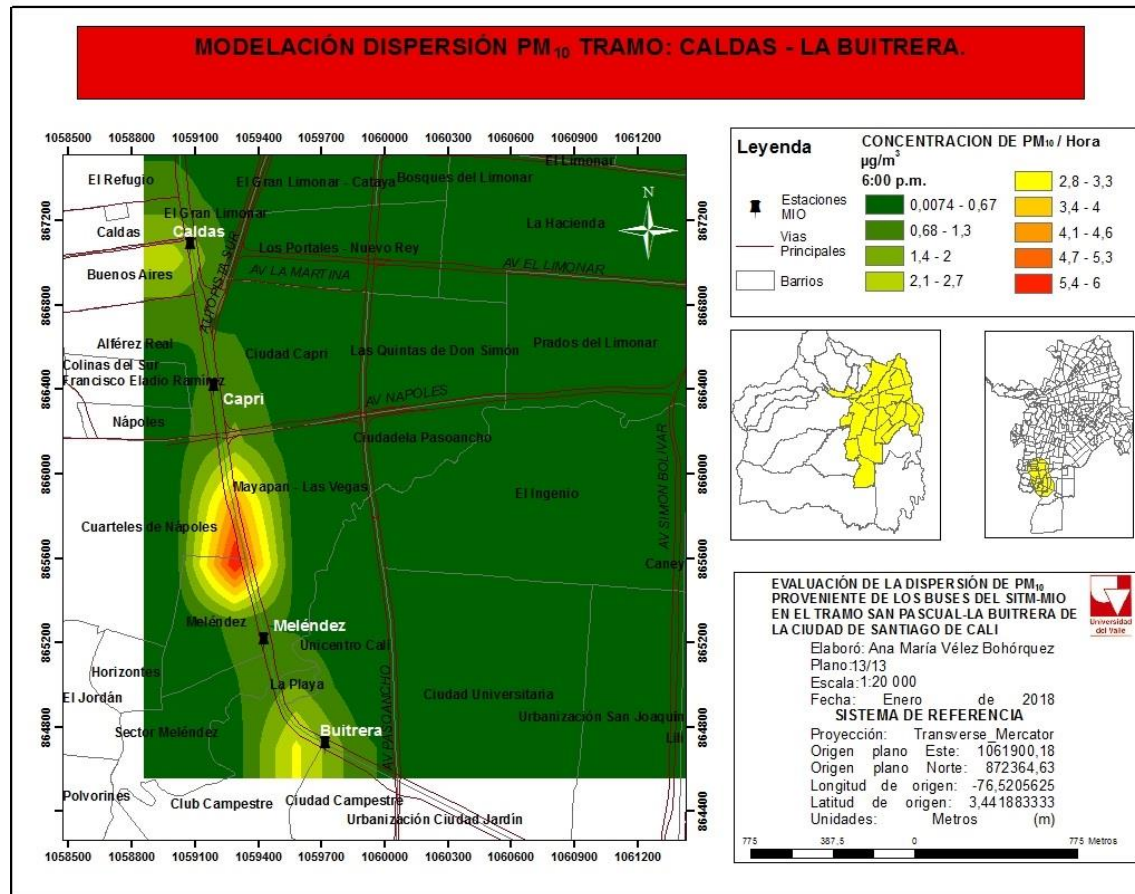


Figura 38. Mapa de concentración por hora de PM<sub>10</sub> en el cuarto tramo: Caldas – La Buitrera. Fuente: Elaboración propia.

## 7. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo académico se concluye lo siguiente:

Los modelos utilizados para este estudio son aproximaciones realizadas con el objetivo de parametrizar información que a menudo es limitada, sin embargo, los dos modelos que se utilizaron (el IVE y el ISCST3) prueban ser herramientas adecuadas para la modelación de la información de contaminantes provenientes de fuentes móviles, permitiendo determinar el inventario de emisiones, además de los valores de dispersión y concentración para la flota de buses del SITM-MIO.

La tecnología EURO III con la que cuenta el 51% del parque automotor muestreado del SITM-MIO, cuenta con una tecnología de control de emisiones e inyección, que dejó de ser vigente hace más de 10 años, lo que trae como consecuencia la generación de contaminantes al medio ambiente, por ello es necesario plantearse la renovación progresiva de la flota por tecnologías menos contaminantes según lo establecido en la norma EURO con el fin de disminuir dichas emisiones.

De igual manera, este estudio contribuye a la actualización del estado de emisiones de la flota del SITM-MIO, logrando proporcionar información para la toma de decisiones sobre la gestión de la calidad del aire y sirviendo como insumo para estudios relacionados a futuro.

Por último, los valores arrojados para la flota de buses del SITM-MIO están por debajo de los establecido en la norma colombiana (Res. 2254/2017) cuyo límite máximo permisible son 100 ug/m<sup>3</sup> y de normas como la establecida por US-EPA, la cual tiene valores permisibles más bajos de 50 ug/m<sup>3</sup>, aunque la concentración no supera los límites, este estudio no es suficiente para dimensionar el posible impacto que tienen asociados las diferentes partículas contaminantes sobre la comunidad y el ecosistema, es por ello que es necesario avanzar en estudios que caractericen las emisiones de la flota completa de buses SITM-MIO generadas en el casco urbano de la ciudad de Cali.



## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar mediciones directamente de las fuentes para tener un valor real y actualizado de las emisiones que estos buses articulados están generando en la actualidad y utilizar los patrones de conducción propios de la ciudad con el fin de disminuir incertidumbres en el manejo de la información, esto con el fin de tener una guía de validación para futuros estudios sobre este tema y se puedan realizar controles de vigilancia como parte de un esquema de gestión en la calidad del aire.

Se propone la ubicación de una estación de monitoreo de la calidad del aire sobre la zona de estudio, ya que las estaciones meteorológicas que miden  $PM_{10}$  cercanas al tramo seleccionado no se encuentran activas limitando el acceso a los registros e impidiendo una continuidad en su monitoreo, resaltando que sobre este tramo se encuentra 473 equipamientos cuyo servicio principalmente corresponde a educación (169) y salud (194), lo que significa grandes concentraciones de población expuestas al  $PM_{10}$  emitido por los buses del SITM-MIO.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Zapata, A. F., & Pulido Castillo, R. A. (2017). Eficiencia energética en el transporte público de Bogotá.
- Air Quality Management District (AQMD). (2008). Chapter 3: Development of the toxics emissions inventory. Mates III Final Report (September 2008).
- Araya, A. D. (2008). Metodología de cálculo de emisiones vehiculares basada en modos de conducción y potencia específica vehicular. Ingeniero Civil Mecánico, Universidad de Chile
- Arciniegas, Á., Rodríguez, C., Pachón, J., Sarmiento, H., & Hernández Flórez, L. J. (2006). Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en la localidad de Puente Aranda en Bogota. *Investig. segur. soc. salud*, 8(8), 121-135.
- Behera, S. N., Sharma, M., Dikshit, O., & Shukla, S. P. (2011). GIS-based emission inventory, dispersion modeling, and assessment for source contributions of particulate matter in an urban environment. *Water, air, & soil pollution*, 218(1-4), 423-436.
- Behera, S. N., Sharma, M., Nayak, P., Shukla, S. P., & Gargava, P. (2014). An approach for evaluation of proposed air pollution control strategy to reduce levels of nitrogen oxides in an urban environment. *Journal of Environmental Planning and Management*, 57(4), 467-494.
- Brugman, A. (2004). Diseño de un programa de instrumentos económicos para el manejo y control de la contaminación atmosférica urbana en Colombia. Informe de Consultoría MAVDT (Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial).
- Brunekreef, B., Forsberg, B., 2005. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur. Respir. J.* 26, 309e318.
- Caiazzo, F., Ashok, A., Waitz, I.A., Yim, S.H.L., Barrett, S.R.H., 2013. Air pollution and early deaths in the United States. Part I: quantifying the impact of major sectors in 2005. *Atmos. Environ.* 79, 198e208.
- CALI CÓMOVAMOS. (Agosto de 2015). Recuperado el 03 de Enero de 2017, de [http://media.wix.com/ugd/ba6905\\_de83c90932d24ef58323e76427b20323.pdf](http://media.wix.com/ugd/ba6905_de83c90932d24ef58323e76427b20323.pdf)

- Cohen A et al. (2004). Mortality impacts of urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Geneva, World Health Organization:1353–1434.
- Colville, R. N., Hutchinson, E. J., Mindell, J. S., & Warren, R. F. (2001). The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric Environment*, 1537-1565.
- Conpes, D. (2005). 3344. Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire.
- CONPES Económicos. (16 de Septiembre de 2013). Recuperado el 03 de Enero de 2017, de <https://www.dnp.gov.co/CONPES/documentos-conpes/conpes-economicos/Paginas/conpes-economicos.aspx#Default={%22k%22:%22ConpesNumero:transporte OR Title:transporte %22}>
- Cifuentes, L. A., Krupnick, A. J., O’Ryan, R., & Toman, M. A. (2005). Urban Air Quality and Human Health in Latin America and the Caribbean.
- Dávila Pinzón, C. P. (2015). Desagregación espaciotemporal del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas y móviles en Cundinamarca (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).
- Departamento de Administrativo de Gestion del Medio Ambiente. (2012). Informe final fortalecimiento tecnológico de la red de monitoreo de calidad del aire y evaluación de la contaminación atmosférica de la ciudad de Santiago de Cali.
- Delkash, M., & Mir, H. M. (2016). Examining some potential actions in mitigating gaseous emissions from vehicles, case study: Tehran. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 9(8), 909-921.
- Departamento Administrativo del Medio Ambiente. (s.f.). Recuperado el 03 de Enero de 2017, de <http://www.contraloriabogota.gov.co/intranet/contenido/informes/Obligatorio s/PRESUPUESTO/2001/Finanzas/informe-presupuesto/3central/18dama.htm>
- Dispersión de contaminantes atmosfericos: Modelo gaussiano de la columna de humo. (s.f.). Recuperado el 03 de Enero de 2017, de <https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/CA/Pract/Practica1.pdf>

- Dockery, C. Arden Pope III & Douglas W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: Lines taht connect. Journal of the Air & Waste Management Association, 709-742.
- Dreier, D. (2015). Assessing the potential of fuel saving and emissions reduction of the bus rapid transit system in Curitiba, Brazil.
- Echeverri, C., Valencia-Hernández, G., & Acosta, A. (2012). Methodology for assessing enviromental impact on air quality in projects redesigning colectiva public transport routes in the cities. Case study: Medellín. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 11(20), 31-42.
- EPA, U. (Septiembre de 1995). Guía del usuario para el modelo de dispersión de complejo de fuente industrial (ISC3). I - INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO. Norte de Carolina.
- Figueroa, E., Gómez-Lobo, A., Jorquera, P., & Labrín, F. (2013). Develando económicamente los impactos sobre la concentración atmosférica de material particulado de un proyecto de remodelación del transporte urbano: El caso del Transantiago en Chile. Estudios de economía, 40(1), 53-79.
- Fletes, W. M. (2016). Estimación de las emisiones vehiculares en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras.
- Franco, C., & Armando, H. (2009). Consideraciones del material particulado en Bogotá. Alternativas tecnológicas de medición de la calidad del aire. Tecnura, 13(25).
- Franco, J., Carolina, Y., & Granados Rojas, R. D. (2016). Análisis de la incidencia de la contaminación atmosférica sobre la aparición de enfermedades respiratorias agudas ERA en la localidad de Puente Aranda.
- Fundamentando acuerdos estratégicos para el desarrollo sostenible y la integración de la ciudad y la región (2010). Medellín.
- Galande, R. R., & Pawade, P. Y. (2016). Comparison of Prior Implementation Studies of BRT Systems of Various Cities in India.
- Giraldo, L. A., & Behrentz, E. (2005). Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes. Universidad de los Andes.

- Giraldo Serna, K. J. (2013). Caracterización y estimación de emisiones vehiculares en la Universidad Autónoma de Occidente (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).
- Gkatzoflias, D., Mellios, G., & Samaras, Z. (2013). Development of a web GIS application for emissions inventory spatial allocation based on open source software tools. *Computers & Geosciences* 52 (2013), 21–33. Elsevier.
- Goyal, P., Mishra, D., & Kumar, A. (2013). Vehicular emission inventory of criteria pollutants in Delhi. *SpringerPlus*, 2(1), 216.
- Granada, L. (2007, May). Relación entre Enfermedades Respiratorias Agudas y Contaminación Atmosférica por Fuentes Móviles en Cali-Colombia. In *Memorias 2º Congreso Internacional por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente*(pp. 493-512)
- Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. (2005). Recuperado el 03 de Enero de 2017, de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf)
- HEI International Oversight Committee (2004). Health effects of outdoor air pollution in developing countries of Asia: a literature review. Boston, MA, Health Effects Institute (Special Report No. 15).
- Hernández, A. M., Bohórquez, A. V., Pinzón, F. M., Guzmán, L. E., Moreno, Y. A. (2007-2010). IDEAM. Recuperado el 03 de Enero de 2017, de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022433/CALIDADDE LAIREWEB.pdf>
- Hernández-Cadena, L., Téllez-Rojo, M. M., Sanín-Aguirre, L. H., Lacasaña-Navarro, M., Campos, A., & Romieu, I. (2000). Relationship between emergency room visits for respiratory disease and atmospheric pollution in Ciudad Juárez, Chihuahua. *Salud publica de Mexico*, 42(4), 288-297.
- Herrera-Murillo, J., Rodríguez-Román, S., & Rojas-Marín, J. F. (2012). Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(1), 54.
- IDEAM. (2012) Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2012 Bogotá,D.C.
- ISSRC. (2008). Manual de usuario del Modelo IVE

- Katsouyanni K et al. (2001). Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*, 12:521–531.
- Lacasaña-Navarro, M., Aguilar-Garduño, C., & Romieu, I. (1999). Evolución de la contaminación del aire e impacto en los programas de control en tres megaciudades de América Latina. *Salud publica de México*, 41(3), 203-215.
- Lents, JM, Liu, H., He, K., Wang, Q., y Tolvett, S. (2009). Características de las emisiones de camiones diesel en China basadas en sistemas de medición de emisiones portátiles. *Ciencia y tecnología ambiental* , 43 (24), 9507-9511.
- Leonor María Turtós Carbonell . (2014). Modelación de la contaminación atmosférica y valoración de impactos epidemiológicos y externalidades, asociadas a instalaciones energéticas e industriales. *ccuba.cu*, 4(2).
- Leo Vargas, A. J., Adame Martínez, S., & Jiménez Jiménez, J. D. J.(2012). Movilidad, sustentabilidad y combustibles de los sistemas de transporte rápido de autobús articulado en México. *Interciencia*, 37(2), 154-160.
- Londoño, J., Correa, M. A., & Palacio, C. A. (2011). Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, Colombia. *Revista EIA*, (16).
- Martinez López, E., & Bedoya Vealásquez, J. (2007). Contaminación atmosférica y efectos en la salud de la población de Medellín y su Área Metropolitana (documento 2). Centro de Investigaciones, Facultad Nacional de Salud Pública.
- Metodologías para la estimación de emisiones de transporte urbano de carga y guías para la recopilación y organización de datos. (27 de Junio de 2013). Recuperado el 03 de Enero de 2017, de <http://www.cleanairinstitute.org/cops/wp-content/uploads/2013/03/Metodologias-del-transporte-de-carga-Junio-2013.pdf>
- MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. (2008). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (24 de Marzo de 2010). Resolución No. 610. República de Colombia.

- Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). Recuperado el 3 de octubre de 2017, de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas\\_de\\_la\\_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica\\_de\\_Pr evenci%C3%B3n\\_y\\_Control\\_de\\_la\\_Contaminaci%C3%B3n\\_del\\_Aire.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_de_Pr evenci%C3%B3n_y_Control_de_la_Contaminaci%C3%B3n_del_Aire.pdf)
- Mishra, D., & Goyal, P. (2014). Estimation of vehicular emissions using dynamic emission factors: a case study of Delhi, India. *Atmospheric environment*, 98, 1-7.
- Montañez, D. H., & BEHRENTZ, E. (2007). Modelo de emisiones vehiculares para la ciudad de Bogotá (EVB) (Doctoral dissertation, Uniandes).
- Morangues, J. A. (2017). Recuperado el 8 de Septiembre de 2017, de <http://www.egrupos.net/cgi-bin/eGruposDMime.cgi?K9U7J9W7U7xumopxCVPPRIydnuzqzmyCUVWVCv thCnoqdy-qlhhyCVWkfb7>
- Muñoz, J., & Moller, R. (2010). La valoración económica de los daños en la salud humana causados por la contaminación del aire como consecuencia del transporte motorizado en Santiago de Cali. Cali: Universidad del Valle
- Outapa, P., Kondo, A., & Thepanondh, S. (2016). Effect of speed on emissions of air pollutants in urban environment: case study of truck emissions. *International Journal of GEOMATE*, 11(23), 2200-2207.
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*. doi:10.4067/S0717-73482010000100004
- Peralta, J., Delgado, E., Vera, J., & Barriga, A. (2009). Modelamiento de dispersión de contaminantes en la atmósfera emitidos por generadores termoeléctricos móviles.
- Pérez Rincón, M., Rojas, J., & Ordóñez Barona, C. (2010). Desarrollo sostenible (pp. 152-164). Cali, Colombia: Editorial Universidad del Valle.
- Protocolo de kyoto (1997). Convención Marco de las Naciones Uni.
- Placeres, M. O. (2006). La contaminación del aire:su repercusión como problema de salud. *Cubana High Epidemiol*, 44.
- Puerto Avila, J. C., & Ramírez Lora, G. E. (2015). Metodología para realizar inventarios de fuentes móviles de contaminación atmosférica en la ciudad de Cartagena (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).

- Puliafita, E., Guevara, M., & Puliafita, C. (2003). Characterization of urban air quality using GIS as a management system. *Environmental Pollution*, 122(1), 105-117.
- Pulles, T., & Heslinga, D. (2010). *The art of emission inventorying*. TNO, Utrecht.
- Restrepo, Á. H., Izquierdo, S., & López, R. A. (2007). Estimación de factores que inciden sobre la contaminación ambiental generada por fuentes móviles en Pereira. *Scientia et technica*, 1(37).
- Rios Villacorta, A. (2012). *El Tranvía: La Alternativa al Transporte Urbano en Lima*. ESAN Business School. Lima, Perú.
- Román, N. H., & Dávila, D. L (2011). Estimación de emisiones contaminantes de las fuentes móviles en la ciudad minera de Pasco empleando el modelo IVE. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 14(27).
- Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene Y Epidemiología*, 44(2).
- Rojas Pérez, A. L. Estimación de emisiones contaminantes provenientes de fuentes móviles en la jurisdicción CAR (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia–Sede Bogotá).
- Samet JM et al. (2000). *The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. Research Reports of the Health Effects Institute*, 94:5–70.
- Scholl, L., Gray, C., Bouillon, C. P., Oviedo, D., & Corsetto, L. (2016). Documento de enfoque: Evaluación de los efectos de los sistemas de BRT apoyados por el BID en la movilidad y el acceso para los pobres en Cali y Lima. *Inter-American Development Bank*.
- SEMARNAT. (19 de Diciembre de 2013). Recuperado el 03 de Enero de 2017, de <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/inventario-de-emisiones>
- Silva, Juan Pablo (2010) Contaminación atmosférica en Colombia, capítulo 5 en: *Desarrollo sostenible*. (compiladores Pérez Rincón, M., Rojas, J., & Ordóñez Barona, C.)



Simulaciones especiales tarea 1: actualización del inventario de emisiones atmosféricas (2010). Medellín.

Sistema de Información Ambiental de Colombia. (2015). Recuperado el 10 de Enero de 2017, de <http://181.225.72.78/Portal-SIAC-web/faces/Dashboard/Aire/Estado/Emisiones/estadoAireEmisiones.xhtml>

Solarte, P. I., Caicedo, M., & Restrepo, S. (2002). Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años en Bogotá. Revista Médica Sanitas, 5.

Suárez Suárez, C. A. (2015). METODOLOGÍA Y RECOMENDACIONES PARA EL SISTEMA METROPOLITANO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE QUITO (Doctoral dissertation, Universidad Internacional SEK).

Turtós, L., Gácita, M. S., Rodríguez, A. R., & Morales, R. S. (2006). Estimation of the mixing height in Casablanca from parametrisations of surface data. Eco Solar.

Zhang, Q., Xu, J., Wang, G., Tian, W., & Jiang, H. (2008). Vehicle emission inventories projection based on dynamic emission factors: a case study of Hangzhou, China. Atmospheric Environment, 42(20), 4989-5002.

**ANEXOS**

**Anexo 1. Información del parque automotor de las empresas prestadoras de servicio.**

INFORMACIÓN DE ARTICULADOS DEL PROVEEDOR UNIMETRO								
MARCAS DE CHASIS	MARCAS DE CARROCERIA	COMBUSTIBLE		TAMAÑO DE MOTOR			TECNOLOGIA	CANTIDAD
MERCEDEZ	MARCOPOLO	DIESEL	BIOACEM-BIODIESEL	C.C.	12130	8870	EURO III	21
AGRALE	BUSSCAR	90%	10%	LITROS	12,13	8,87	EURO IV	10
				PORCENTAJE	34%	66%	EURO V	1
INFORMACIÓN DE ARTICULADOS DEL PROVEEDOR GRUPO INTEGRADO DE TRANSPORTE GIT-MASIVO								
MARCAS DE CHASIS	MARCAS DE CARROCERIA	COMBUSTIBLE		TAMAÑO DE MOTOR			TECNOLOGIA	CANTIDAD
VOLVO	MARCOPOLO	DIESEL	BIODIESEL	C.C.	12130		EURO III	30
	BUSSCAR	90%	10%	LITROS	12,13			
				PORCENTAJE	100%		EURO IV	39
INFORMACIÓN DE ARTICULADOS DEL PROVEEDOR EMPRESA DE TRANSPORTE MASIVO - ETM								
MARCAS DE CHASIS	MARCAS DE CARROCERIA	COMBUSTIBLE		TAMAÑO DE MOTOR			TECNOLOGIA	CANTIDAD
VOLVO	MARCOPOLO	DIESEL	BIODIESEL	C.C.	12000		EURO III	25
MERCEDEZ				LITROS	12,00			
AGRALE	BUSSCAR	90%	10%	PORCENTAJE	100%		EURO V	13
INTERNACIONAL								
SCANIA								
INFORMACIÓN DE ARTICULADOS DEL PROVEEDOR BLANCO Y NEGRO S.A.								
MARCAS DE CHASIS	MARCAS DE CARROCERIA	COMBUSTIBLE		TAMAÑO DE MOTOR			TECNOLOGIA	CANTIDAD
VOLVO	MARCOPOLO	DIESEL	BIODIESEL	C.C.	12130		EURO III	27
	BUSSCAR	90%	10%	LITROS	12,13			
				PORCENTAJE	100%		EURO V	34

## **Anexo 2. Datos de las fuentes para los tramos de la zona de estudio**

### **1 tramo: Estación San Pascual – Estación Manzana del Saber**

1	X = 1061116.3558	Y = 872448.8623	ángulo= 90	distancia x: 3	distancia y: 30
2	X = 1061085.5070	Y = 872451.1181	ángulo= 93	distancia x: 3	distancia y: 30
3	X = 1061053.9280	Y = 872452.2818	ángulo= 92	distancia x: 3	distancia y: 30
4	X = 1061023.0489	Y = 872454.5503	ángulo= 94	distancia x: 3	distancia y: 30
5	X = 1060992.5723	Y = 872456.3286	ángulo= 92	distancia x: 3	distancia y: 30
6	X = 1060961.5614	Y = 872456.4933	ángulo= 90	distancia x: 3	distancia y: 30
7	X = 1060930.1805	Y = 872456.2779	ángulo= 90	distancia x: 3	distancia y: 30
8	X = 1060898.3472	Y = 872454.8858	ángulo= 88	distancia x: 3	distancia y: 30
9	X = 1060867.3504	Y = 872453.7148	ángulo= 89	distancia x: 3	distancia y: 30
10	X = 1060836.4513	Y = 872451.6205	ángulo= 86	distancia x: 3	distancia y: 30
11	X = 1060805.2456	Y = 872450.1620	ángulo= 86	distancia x: 3	distancia y: 30
12	X = 1060774.5192	Y = 872447.6406	ángulo= 84	distancia x: 3	distancia y: 30
13	X = 1060743.8297	Y = 872445.0708	ángulo= 84	distancia x: 3	distancia y: 30
14	X = 1060725.8806	Y = 872443.6518	ángulo= 85	distancia x: 3	distancia y: 17
15	X = 1060695.4834	Y = 872437.2175	ángulo= 78	distancia x: 3	distancia y: 30
16	X = 1060665.3403	Y = 872430.4850	ángulo= 78	distancia x: 3	distancia y: 30
17	X = 1060635.2100	Y = 872423.5513	ángulo= 78	distancia x: 3	distancia y: 30
18	X = 1060605.6315	Y = 872415.1449	ángulo= 74	distancia x: 3	distancia y: 30
19	X = 1060575.8045	Y = 872406.1691	ángulo= 74	distancia x: 3	distancia y: 30
20	X = 1060546.0627	Y = 872397.1608	ángulo= 74	distancia x: 3	distancia y: 30
21	X = 1060516.6208	Y = 872387.6115	ángulo= 72	distancia x: 3	distancia y: 30
22	X = 1060487.7509	Y = 872377.1634	ángulo= 70	distancia x: 3	distancia y: 30
23	X = 1060457.8991	Y = 872363.4206	ángulo= 66	distancia x: 3	distancia y: 30
24	X = 1060430.5623	Y = 872349.8392	ángulo= 63	distancia x: 3	distancia y: 30
25	X = 1060402.4317	Y = 872336.4331	ángulo= 63	distancia x: 3	distancia y: 30
26	X = 1060385.7322	Y = 872328.8704	ángulo= 67	distancia x: 3	distancia y: 18
27	X = 1060369.7393	Y = 872319.3945	ángulo= 58	distancia x: 3	distancia y: 18
28	X = 1060342.2447	Y = 872305.5924	ángulo= 63	distancia x: 3	distancia y: 30

29	X = 1060314.1465	Y = 872292.3404	ángulo= 64	distancia x: 3	distancia y: 30
30	X = 1060286.3081	Y = 872278.3746	ángulo= 63	distancia x: 3	distancia y: 30
31	X = 1060258.4815	Y = 872264.5215	ángulo= 63	distancia x: 3	distancia y: 30
32	X = 1060230.9560	Y = 872250.2383	ángulo= 63	distancia x: 3	distancia y: 30
33	X = 1060210.9244	Y = 872239.3985	ángulo= 63	distancia x: 3	distancia y: 22
34	X = 1060184.5243	Y = 872222.4082	ángulo= 58	distancia x: 3	distancia y: 30
35	X = 1060158.0532	Y = 872205.3654	ángulo= 57	distancia x: 3	distancia y: 30
36	X = 1060132.2806	Y = 872189.4481	ángulo= 58	distancia x: 3	distancia y: 30
37	X = 1060105.9286	Y = 872172.8336	ángulo= 59	distancia x: 3	distancia y: 30
38	X = 1060079.9977	Y = 872156.4335	ángulo= 59	distancia x: 3	distancia y: 30
39	X = 1060072.1479	Y = 872151.3206	ángulo= 59	distancia x: 3	distancia y: 09
40	X = 1060055.5071	Y = 872123.9413	ángulo= 32	distancia x: 3	distancia y: 30
41	X = 1060038.3409	Y = 872096.9698	ángulo= 32	distancia x: 3	distancia y: 30
42	X = 1060021.3197	Y = 872069.819	ángulo= 32	distancia x: 3	distancia y: 30
43	X = 1060004.3116	Y = 872042.894	ángulo= 32	distancia x: 3	distancia y: 30
44	X = 1059987.8047	Y = 872016.688	ángulo= 32	distancia x: 3	distancia y: 30
45	X = 1059966.7653	Y = 871993.941	ángulo= 43	distancia x: 3	distancia y: 30
46	X = 1059946.3198	Y = 871970.822	ángulo= 43	distancia x: 3	distancia y: 30
47	X = 1059925.6199	Y = 871947.415	ángulo= 43	distancia x: 3	distancia y: 30
48	X = 1059904.4326	Y = 871923.456	ángulo= 43	distancia x: 3	distancia y: 30
49	X = 1059884.1053	Y = 871898.218	ángulo= 38	distancia x: 3	distancia y: 30
50	X = 1059863.3741	Y = 871874.572	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
51	X = 1059843.2712	Y = 871850.886	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
52	X = 1059822.0330	Y = 871826.807	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
53	X = 1059801.0672	Y = 871802.697	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
54	X = 1059780.7792	Y = 871778.594	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
55	X = 1059760.6464	Y = 871754.323	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
56	X = 1059741.0023	Y = 871730.296	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
57	X = 1059721.8468	Y = 871706.266	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
58	X = 1059700.8078	Y = 871680.659	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30
59	X = 1059681.4482	Y = 871655.726	ángulo= 39	distancia x: 3	distancia y: 30

60 X = 1059662.2865 Y = 871631.221 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 30  
 61 X = 1059643.1304 Y = 871606.722 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 30  
 62 X = 1059637.0287 Y = 871597.632 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 10

**2 tramo:** Estación Manzana del Saber – Estación Unidad Deportiva

1 X = 1059617.8413 Y = 871574.2793 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 30  
 2 X = 1059598.8511 Y = 871549.7500 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 30  
 3 X = 1059579.8122 Y = 871525.0092 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 30  
 4 X = 1059560.6807 Y = 871500.1803 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 30  
 5 X = 1059541.3785 Y = 871475.0771 ángulo= 37 distancia x: 3 distancia y: 30  
 6 X = 1059522.3334 Y = 871450.4178 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 30  
 7 X = 1059502.9533 Y = 871425.2687 ángulo= 38 distancia x: 3 distancia y: 30  
 8 X = 1059483.8776 Y = 871400.7341 ángulo= 38 distancia x: 3 distancia y: 30  
 9 X = 1059465.1613 Y = 871376.2533 ángulo= 37 distancia x: 3 distancia y: 30  
 10 X = 1059445.7903 Y = 871351.8268 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 30  
 11 X = 1059428.0322 Y = 871330.4868 ángulo= 39 distancia x: 3 distancia y: 27  
 12 X = 1059411.2072 Y = 871303.3357 ángulo= 32 distancia x: 3 distancia y: 30  
 13 X = 1059395.1867 Y = 871277.2493 ángulo= 32 distancia x: 3 distancia y: 30  
 14 X = 1059380.5811 Y = 871249.5875 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 15 X = 1059365.0196 Y = 871222.9393 ángulo= 31 distancia x: 3 distancia y: 30  
 16 X = 1059349.7276 Y = 871196.5937 ángulo= 30 distancia x: 3 distancia y: 30  
 17 X = 1059335.6383 Y = 871169.7226 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 18 X = 1059321.3402 Y = 871142.7337 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 19 X = 1059307.0695 Y = 871115.6236 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 20 X = 1059292.9161 Y = 871088.6302 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 21 X = 1059278.4012 Y = 871060.6856 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 22 X = 1059263.8881 Y = 871032.8711 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 23 X = 1059249.6069 Y = 871005.1379 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 24 X = 1059235.2259 Y = 870977.4736 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30  
 25 X = 1059220.8087 Y = 870949.7666 ángulo= 28 distancia x: 3 distancia y: 30

26	X = 1059205.2581	Y = 870922.2842	ángulo= 30	distancia x: 3	distancia y: 30
27	X = 1059190.2955	Y = 870895.0813	ángulo= 30	distancia x: 3	distancia y: 30
28	X = 1059176.0303	Y = 870867.3323	ángulo= 28	distancia x: 3	distancia y: 30
29	X = 1059162.7450	Y = 870839.4233	ángulo= 26	distancia x: 3	distancia y: 30
30	X = 1059149.4852	Y = 870811.6074	ángulo= 26	distancia x: 3	distancia y: 30
31	X = 1059134.7974	Y = 870784.1754	ángulo= 28	distancia x: 3	distancia y: 30
32	X = 1059120.4144	Y = 870756.8801	ángulo= 27	distancia x: 3	distancia y: 30
33	X = 1059108.0556	Y = 870728.2645	ángulo= 24	distancia x: 3	distancia y: 30
34	X = 1059096.2327	Y = 870700.1984	ángulo= 23	distancia x: 3	distancia y: 30
35	X = 1059085.0008	Y = 870671.5142	ángulo= 21	distancia x: 3	distancia y: 30
36	X = 1059074.8552	Y = 870642.8305	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
37	X = 1059064.7805	Y = 870614.1534	ángulo= 19	distancia x: 3	distancia y: 30
38	X = 1059053.6104	Y = 870585.1099	ángulo= 21	distancia x: 3	distancia y: 30
39	X = 1059043.6130	Y = 870556.1108	ángulo= 19	distancia x: 3	distancia y: 30
40	X = 1059032.6156	Y = 870527.4932	ángulo= 21	distancia x: 3	distancia y: 30
41	X = 1059023.2915	Y = 870497.8065	ángulo= 17	distancia x: 3	distancia y: 30
42	X = 1059012.7580	Y = 870468.9129	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
43	X = 1059001.2266	Y = 870440.1998	ángulo= 22	distancia x: 3	distancia y: 30
44	X = 1058991.7726	Y = 870410.5843	ángulo= 18	distancia x: 3	distancia y: 30
45	X = 1058981.2557	Y = 870381.8866	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
46	X = 1058970.8468	Y = 870352.9918	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
47	X = 1058960.0416	Y = 870324.5046	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
48	X = 1058948.9094	Y = 870295.4821	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
49	X = 1058937.5299	Y = 870267.1582	ángulo= 22	distancia x: 3	distancia y: 30
50	X = 1058927.9621	Y = 870237.5817	ángulo= 19	distancia x: 3	distancia y: 30
51	X = 1058916.4007	Y = 870208.9059	ángulo= 22	distancia x: 3	distancia y: 30
52	X = 1058906.3391	Y = 870180.1449	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
53	X = 1058895.5235	Y = 870151.2766	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
54	X = 1058884.5722	Y = 870121.8530	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
55	X = 1058874.0636	Y = 870092.9655	ángulo= 20	distancia x: 3	distancia y: 30
56	X = 1058864.0558	Y = 870064.1590	ángulo= 19	distancia x: 3	distancia y: 30



57 X = 1058853.2390 Y = 870035.6528 ángulo= 21 distancia x: 3 distancia y: 30  
 58 X = 1058843.1726 Y = 870006.2401 ángulo= 19 distancia x: 3 distancia y: 30  
 59 X = 1058832.6459 Y = 869977.1937 ángulo= 20 distancia x: 3 distancia y: 30  
 60 X = 1058823.0640 Y = 869948.1802 ángulo= 18 distancia x: 3 distancia y: 30  
 61 X = 1058816.0738 Y = 869918.3339 ángulo= 13 distancia x: 3 distancia y: 30  
 62 X = 1058813.7556 Y = 869887.5022 ángulo= 05 distancia x: 3 distancia y: 30  
 63 X = 1058812.7206 Y = 869857.0215 ángulo= 02 distancia x: 3 distancia y: 30  
 64 X = 1058813.4475 Y = 869826.5185 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
 65 X = 1058813.8200 Y = 869796.1244 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
 66 X = 1058812.8091 Y = 869765.5616 ángulo= 02 distancia x: 3 distancia y: 30  
 67 X = 1058813.3625 Y = 869734.3869 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 68 X = 1058814.8697 Y = 869702.4742 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 69 X = 1058815.3117 Y = 869671.6889 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 70 X = 1058816.7778 Y = 869641.1319 ángulo= -3 distancia x: 3 distancia y: 30  
 71 X = 1058816.8756 Y = 869610.0355 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 72 X = 1058817.1079 Y = 869578.2779 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 73 X = 1058817.5442 Y = 869547.2961 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 74 X = 1058818.1732 Y = 869516.4859 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 75 X = 1058818.8588 Y = 869485.1710 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 76 X = 1058818.7794 Y = 869453.2790 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
 77 X = 1058818.9098 Y = 869421.3291 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
 78 X = 1058819.4764 Y = 869392.0021 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 29

### **3 tramo:** Estación Unidad Deportiva – Estación Caldas

1 X = 1058821.3096 Y = 869360.8497 ángulo= -4 distancia x: 3 distancia y: 30  
 2 X = 1058825.5898 Y = 869329.3064 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
 3 X = 1058829.6759 Y = 869298.7221 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
 4 X = 1058835.6337 Y = 869268.5259 ángulo= -11 distancia x: 3 distancia y: 30  
 5 X = 1058839.9874 Y = 869237.2006 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
 6 X = 1058844.6793 Y = 869206.3553 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30

7 X = 1058850.2345 Y = 869175.0369 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
8 X = 1058855.1701 Y = 869144.9066 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
9 X = 1058859.7554 Y = 869114.7537 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
10 X = 1058864.6055 Y = 869084.2358 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
11 X = 1058869.7275 Y = 869053.6817 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 27  
12 X = 1058874.9149 Y = 869022.6558 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
13 X = 1058879.7721 Y = 868991.9718 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
14 X = 1058884.0941 Y = 868961.2708 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
15 X = 1058888.9833 Y = 868930.8171 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
16 X = 1058893.4731 Y = 868900.2945 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
17 X = 1058898.4551 Y = 868869.6471 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
18 X = 1058903.3058 Y = 868838.8488 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
19 X = 1058907.4307 Y = 868807.7330 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
20 X = 1058913.0374 Y = 868776.6998 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
21 X = 1058918.0588 Y = 868745.2841 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
22 X = 1058922.9967 Y = 868714.2245 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
23 X = 1058924.5217 Y = 868702.3248 ángulo= -7 distancia x: 3 distancia y: 11  
24 X = 1058926.8860 Y = 868670.6959 ángulo= -5 distancia x: 3 distancia y: 30  
25 X = 1058929.3852 Y = 868639.8088 ángulo= -5 distancia x: 3 distancia y: 30  
26 X = 1058932.9529 Y = 868609.1030 ángulo= -7 distancia x: 3 distancia y: 30  
27 X = 1058935.5817 Y = 868577.8231 ángulo= -5 distancia x: 3 distancia y: 30  
28 X = 1058938.6657 Y = 868546.4306 ángulo= -5 distancia x: 3 distancia y: 30  
29 X = 1058941.1187 Y = 868515.6188 ángulo= -5 distancia x: 3 distancia y: 30  
30 X = 1058943.8323 Y = 868484.7580 ángulo= -5 distancia x: 3 distancia y: 30  
31 X = 1058945.7547 Y = 868454.1036 ángulo= -5 distancia x: 3 distancia y: 30  
32 X = 1058949.3079 Y = 868423.3057 ángulo= -6 distancia x: 3 distancia y: 30  
33 X = 1058953.1318 Y = 868392.8487 ángulo= -7 distancia x: 3 distancia y: 30  
34 X = 1058958.1954 Y = 868361.1507 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
35 X = 1058962.8841 Y = 868330.2330 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
36 X = 1058967.5252 Y = 868299.6291 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
37 X = 1058972.2317 Y = 868268.5939 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30

38 X = 1058976.7987 Y = 868237.6766 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
39 X = 1058981.4871 Y = 868207.1542 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
40 X = 1058985.8858 Y = 868176.3477 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
41 X = 1058989.9104 Y = 868146.0766 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
42 X = 1058993.8962 Y = 868115.9395 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
43 X = 1058998.3282 Y = 868085.7757 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
44 X = 1059002.4919 Y = 868055.3771 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
45 X = 1059006.5936 Y = 868024.9805 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
46 X = 1059011.2512 Y = 867994.6512 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
47 X = 1059014.6342 Y = 867964.2156 ángulo= -6 distancia x: 3 distancia y: 30  
48 X = 1059017.5368 Y = 867933.5310 ángulo= -5 distancia x: 3 distancia y: 30  
49 X = 1059019.9818 Y = 867903.0569 ángulo= -4 distancia x: 3 distancia y: 30  
50 X = 1059021.0598 Y = 867872.8267 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
51 X = 1059023.6948 Y = 867841.9910 ángulo= -4 distancia x: 3 distancia y: 30  
52 X = 1059025.8686 Y = 867810.9185 ángulo= -3 distancia x: 3 distancia y: 30  
53 X = 1059026.4404 Y = 867800.4736 ángulo= -2 distancia x: 3 distancia y: 10  
54 X = 1059025.4057 Y = 867785.5780 ángulo= 04 distancia x: 3 distancia y: 14  
55 X = 1059025.8485 Y = 867754.0512 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
56 X = 1059026.3441 Y = 867722.1766 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
57 X = 1059026.3722 Y = 867690.7025 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
58 X = 1059026.8843 Y = 867659.8749 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
59 X = 1059026.3115 Y = 867629.2670 ángulo= 01 distancia x: 3 distancia y: 30  
60 X = 1059025.9873 Y = 867598.8551 ángulo= 02 distancia x: 3 distancia y: 30  
61 X = 1059026.4139 Y = 867568.2008 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
62 X = 1059026.9317 Y = 867537.0750 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
63 X = 1059026.3590 Y = 867505.6684 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
64 X = 1059026.8601 Y = 867475.2526 ángulo= -1 distancia x: 3 distancia y: 30  
65 X = 1059027.1226 Y = 867444.6657 ángulo= 00 distancia x: 3 distancia y: 30  
66 X = 1059028.4131 Y = 867415.4711 ángulo= -2 distancia x: 3 distancia y: 29  
67 X = 1059033.4059 Y = 867384.8383 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
68 X = 1059038.0248 Y = 867354.6231 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30

69 X = 1059042.8385 Y = 867324.4671 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 70 X = 1059048.1003 Y = 867294.2040 ángulo= -10 distancia x: 3 distancia y: 30  
 71 X = 1059053.4164 Y = 867264.3637 ángulo= -10 distancia x: 3 distancia y: 30  
 72 X = 1059058.1792 Y = 867234.3381 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 73 X = 1059062.7731 Y = 867204.1028 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 74 X = 1059067.6125 Y = 867173.8817 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 75 X = 1059072.5571 Y = 867143.5516 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 76 X = 1059077.4489 Y = 867112.9933 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 77 X = 1059082.7759 Y = 867082.6113 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 78 X = 1059083.2568 Y = 867079.7626 ángulo= -2 distancia x: 3 distancia y: 3

#### **4 tramo:** Estación Caldas – Estación La Buitrera

1 X = 1059088.1649 Y = 867049.1695 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 2 X = 1059092.8591 Y = 867019.0629 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 3 X = 1059098.4308 Y = 866989.1155 ángulo= -11 distancia x: 3 distancia y: 30  
 4 X = 1059103.1445 Y = 866959.0225 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 5 X = 1059107.7520 Y = 866928.8539 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 6 X = 1059112.3962 Y = 866898.7458 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 7 X = 1059117.0769 Y = 866868.8400 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 8 X = 1059122.0578 Y = 866838.7042 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 9 X = 1059126.9562 Y = 866808.6561 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 10 X = 1059132.0327 Y = 866778.4612 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 11 X = 1059137.1437 Y = 866748.3419 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 12 X = 1059142.2180 Y = 866718.1777 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 13 X = 1059147.1974 Y = 866688.0173 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 14 X = 1059152.2215 Y = 866657.6201 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 15 X = 1059157.0271 Y = 866627.3503 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
 16 X = 1059162.0441 Y = 866597.0906 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30

17 X = 1059167.1625 Y = 866566.5770 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
18 X = 1059171.4251 Y = 866535.7825 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
19 X = 1059175.4579 Y = 866505.6654 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
20 X = 1059180.1538 Y = 866475.2351 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
21 X = 1059185.0383 Y = 866443.7575 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
22 X = 1059189.8520 Y = 866412.8860 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
23 X = 1059194.4337 Y = 866381.7031 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
24 X = 1059198.8868 Y = 866350.1442 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
25 X = 1059203.4475 Y = 866319.1636 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
26 X = 1059207.8841 Y = 866288.1439 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
27 X = 1059212.2181 Y = 866257.4415 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
28 X = 1059216.3565 Y = 866227.1448 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
29 X = 1059220.6567 Y = 866196.6747 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
30 X = 1059225.3741 Y = 866165.6528 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
31 X = 1059230.0041 Y = 866134.8664 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
32 X = 1059235.0963 Y = 866103.8509 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
33 X = 1059239.1312 Y = 866073.1201 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
34 X = 1059243.5291 Y = 866042.1514 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
35 X = 1059247.5592 Y = 866011.5819 ángulo= -8 distancia x: 3 distancia y: 30  
36 X = 1059251.4944 Y = 865981.2088 ángulo= -7 distancia x: 3 distancia y: 30  
37 X = 1059256.7305 Y = 865950.4604 ángulo= -9 distancia x: 3 distancia y: 30  
38 X = 1059263.1926 Y = 865919.6860 ángulo= -11 distancia x: 3 distancia y: 30  
39 X = 1059270.1265 Y = 865889.6767 ángulo= -12 distancia x: 3 distancia y: 30  
40 X = 1059276.6389 Y = 865859.9423 ángulo= -12 distancia x: 3 distancia y: 30  
41 X = 1059283.4669 Y = 865830.0687 ángulo= -12 distancia x: 3 distancia y: 30  
42 X = 1059290.1892 Y = 865799.6260 ángulo= -12 distancia x: 3 distancia y: 30  
43 X = 1059297.0003 Y = 865769.5479 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30

44 X = 1059303.5917 Y = 865739.2599 ángulo= -11 distancia x: 3 distancia y: 30  
45 X = 1059310.6199 Y = 865709.1295 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
46 X = 1059318.2108 Y = 865678.9333 ángulo= -14 distancia x: 3 distancia y: 30  
47 X = 1059324.9851 Y = 865648.6594 ángulo= -12 distancia x: 3 distancia y: 30  
48 X = 1059331.6908 Y = 865618.4983 ángulo= -12 distancia x: 3 distancia y: 30  
49 X = 1059338.5201 Y = 865588.1632 ángulo= -12 distancia x: 3 distancia y: 30  
50 X = 1059346.4276 Y = 865558.3700 ángulo= -15 distancia x: 3 distancia y: 30  
51 X = 1059354.0964 Y = 865528.0566 ángulo= -14 distancia x: 3 distancia y: 30  
52 X = 1059361.1654 Y = 865497.9397 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
53 X = 1059368.7966 Y = 865467.9722 ángulo= -16 distancia x: 3 distancia y: 30  
54 X = 1059375.9299 Y = 865437.8133 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
55 X = 1059384.0010 Y = 865407.8336 ángulo= -14 distancia x: 3 distancia y: 30  
56 X = 1059391.7250 Y = 865377.6135 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
57 X = 1059399.3971 Y = 865347.7186 ángulo= -14 distancia x: 3 distancia y: 30  
58 X = 1059406.1530 Y = 865317.7345 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
59 X = 1059413.4572 Y = 865288.2571 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
60 X = 1059420.6216 Y = 865258.7708 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
61 X = 1059428.0601 Y = 865229.4026 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
62 X = 1059436.0173 Y = 865199.9322 ángulo= -15 distancia x: 3 distancia y: 30  
63 X = 1059442.9175 Y = 865170.4950 ángulo= -13 distancia x: 3 distancia y: 30  
64 X = 1059448.7209 Y = 865140.7693 ángulo= -11 distancia x: 3 distancia y: 30  
65 X = 1059454.4821 Y = 865110.0193 ángulo= -11 distancia x: 3 distancia y: 30  
66 X = 1059461.2492 Y = 865079.5220 ángulo= -12 distancia x: 3 distancia y: 29  
67 X = 1059468.6455 Y = 865049.4269 ángulo= -15 distancia x: 3 distancia y: 30  
68 X = 1059476.4234 Y = 865019.2635 ángulo= -14 distancia x: 3 distancia y: 30  
69 X = 1059484.2464 Y = 864989.3959 ángulo= -15 distancia x: 3 distancia y: 30  
70 X = 1059491.2265 Y = 864959.1118 ángulo= -14 distancia x: 3 distancia y: 30

71 X = 1059497.5184 Y = 864934.8778 ángulo= -15 distancia x: 3 distancia y: 25  
72 X = 1059508.8377 Y = 864905.1939 ángulo= -21 distancia x: 3 distancia y: 30  
73 X = 1059520.3876 Y = 864880.8483 ángulo= -25 distancia x: 3 distancia y: 25  
74 X = 1059537.2534 Y = 864854.7576 ángulo= -33 distancia x: 3 distancia y: 30  
75 X = 1059553.5077 Y = 864831.6399 ángulo= -35 distancia x: 3 distancia y: 27  
76 X = 1059574.2836 Y = 864808.2358 ángulo= -42 distancia x: 3 distancia y: 30  
77 X = 1059586.7142 Y = 864796.4077 ángulo= -48 distancia x: 3 distancia y: 16  
78 X = 1059606.7610 Y = 864780.3576 ángulo= -52 distancia x: 3 distancia y: 25  
79 X = 1059633.5212 Y = 864764.7644 ángulo= -60 distancia x: 3 distancia y: 30  
80 X = 1059660.3198 Y = 864749.5159 ángulo= -60 distancia x: 3 distancia y: 30  
81 X = 1059687.8639 Y = 864735.3289 ángulo= -63 distancia x: 3 distancia y: 30  
82 X = 1059715.6631 Y = 864721.9567 ángulo= -65 distancia x: 3 distancia y: 30

**Anexo 3. Inventario de emisiones ( $PM_{10}$  Toneladas/Hora) para cada uno de los tramos comprendidos entre la estación San Pascual a la estación La Buitrera.**

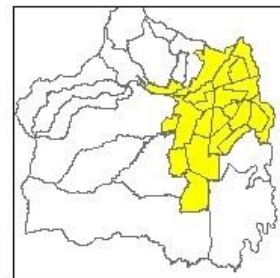
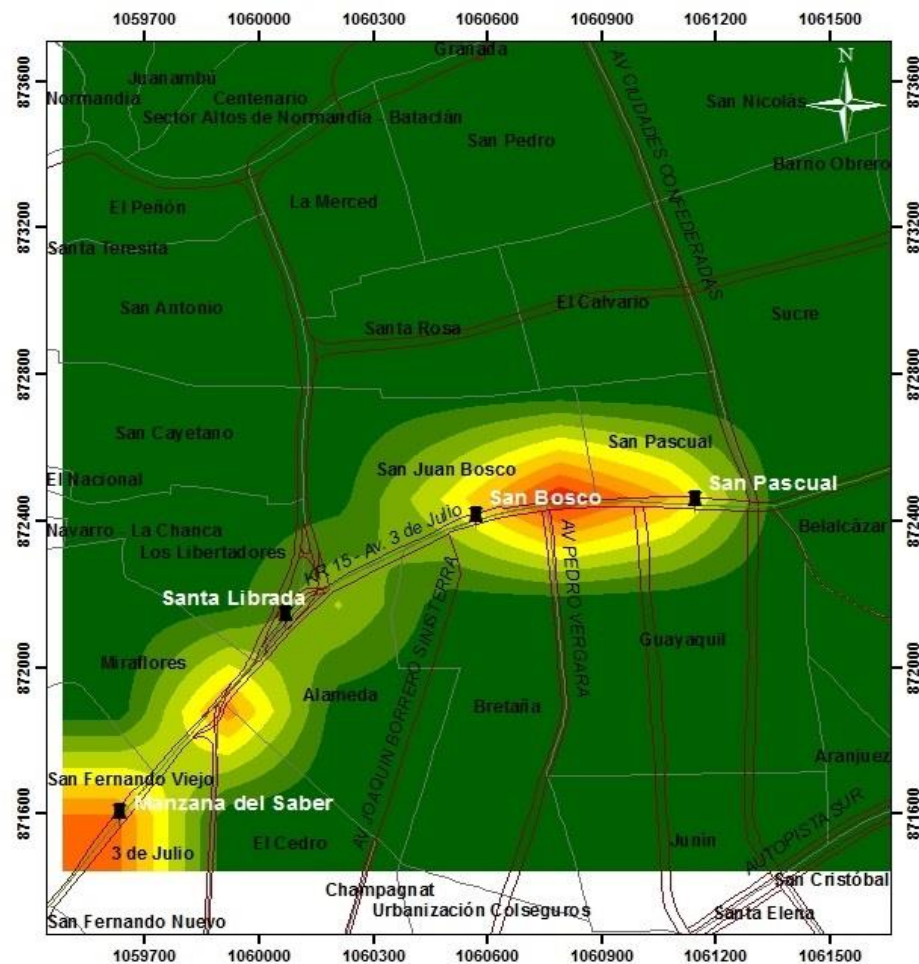
<b>1 tramo: San Pascual – Manzana del Saber</b>				
HORA	EURO III	EURO IV	EURO V	TOTALES
24 horas	7.05E-03	3.48E-03	3.31E-04	<b>1.09E-02</b>
6:00	4.70E-04	2.32E-04	2.21E-05	7.25E-04
7:00	3.35E-04	1.65E-04	1.57E-05	5.16E-04
8:00	7.36E-04	3.64E-04	3.45E-05	1.13E-03
9:00	1.08E-03	5.33E-04	5.07E-05	1.66E-03
10:00	7.09E-04	3.50E-04	3.33E-05	1.09E-03
11:00	7.48E-04	3.70E-04	3.51E-05	1.15E-03
12:00	1.10E-03	5.41E-04	5.14E-05	1.69E-03
13:00	7.61E-04	3.76E-04	3.57E-05	1.17E-03
14:00	3.84E-04	1.90E-04	1.80E-05	5.92E-04
15:00	3.07E-04	1.52E-04	1.44E-05	4.74E-04
16:00	2.26E-04	1.12E-04	1.06E-05	3.48E-04
17:00	4.15E-04	2.05E-04	1.95E-05	6.40E-04
18:00	9.60E-04	4.74E-04	4.50E-05	1.48E-03
<b>2 tramo: Manzana del Saber – Unidad Deportiva</b>				
hora	EURO III	EURO IV	EURO V	TOTALES
24 horas	1.04E-02	5.13E-03	4.87E-04	<b>1.60E-02</b>
6:00	8.76E-04	4.33E-04	4.11E-05	1.35E-03
7:00	6.24E-04	3.08E-04	2.93E-05	9.61E-04
8:00	1.49E-03	7.38E-04	7.01E-05	2.30E-03
9:00	1.37E-03	6.78E-04	6.44E-05	2.12E-03
10:00	9.01E-04	4.45E-04	4.23E-05	1.39E-03
11:00	9.51E-04	4.70E-04	4.46E-05	1.47E-03
12:00	1.06E-03	5.23E-04	4.97E-05	1.63E-03
13:00	7.36E-04	3.64E-04	3.45E-05	1.13E-03
14:00	3.41E-04	1.69E-04	1.60E-05	5.26E-04
15:00	5.17E-04	2.55E-04	2.43E-05	7.97E-04
16:00	3.80E-04	1.88E-04	1.78E-05	5.86E-04
17:00	7.61E-04	3.76E-04	3.57E-05	1.17E-03
18:00	1.40E-03	6.92E-04	6.58E-05	2.16E-03
<b>3 tramo: Unidad Deportiva – Caldas</b>				
HORA	EURO III	EURO IV	EURO V	TOTALES
24 horas	5.18E-03	2.56E-03	2.43E-04	<b>7.98E-03</b>
6:00	3.56E-04	1.76E-04	1.67E-05	5.49E-04



7:00	2.53E-04	1.25E-04	1.19E-05	3.90E-04
8:00	6.44E-04	3.18E-04	3.02E-05	9.92E-04
9:00	6.82E-04	3.37E-04	3.20E-05	1.05E-03
10:00	4.48E-04	2.21E-04	2.10E-05	6.90E-04
11:00	4.73E-04	2.33E-04	2.22E-05	7.28E-04
12:00	5.54E-04	2.74E-04	2.60E-05	8.53E-04
13:00	3.85E-04	1.90E-04	1.81E-05	5.93E-04
14:00	1.68E-04	8.31E-05	7.89E-06	2.59E-04
15:00	2.80E-04	1.38E-04	1.31E-05	4.32E-04
16:00	2.06E-04	1.02E-04	9.67E-06	3.18E-04
17:00	4.37E-04	2.16E-04	2.05E-05	6.74E-04
18:00	7.36E-04	3.64E-04	3.46E-05	1.13E-03
<b>4 tramo: Caldas – La Buitrera</b>				
HORA	EURO III	EURO IV	EURO V	TOTALES
24 horas	5.56E-03	2.75E-03	2.61E-04	<b>8.57E-03</b>
6:00	4.42E-04	2.18E-04	2.07E-05	6.81E-04
7:00	3.14E-04	1.55E-04	1.48E-05	4.85E-04
8:00	6.91E-04	3.42E-04	3.24E-05	1.07E-03
9:00	7.33E-04	3.62E-04	3.44E-05	1.13E-03
10:00	4.81E-04	2.38E-04	2.26E-05	7.41E-04
11:00	5.08E-04	2.51E-04	2.38E-05	7.82E-04
12:00	5.95E-04	2.94E-04	2.79E-05	9.17E-04
13:00	4.13E-04	2.04E-04	1.94E-05	6.37E-04
14:00	2.09E-04	1.03E-04	9.79E-06	3.22E-04
15:00	3.48E-04	1.72E-04	1.63E-05	5.36E-04
16:00	2.56E-04	1.26E-04	1.20E-05	3.94E-04
17:00	4.70E-04	2.32E-04	2.20E-05	7.24E-04
18:00	7.91E-04	3.91E-04	3.71E-05	1.22E-03

**Anexo 4. Mapas de concentración de  $PM_{10}$  en temporalidad diaria para cada uno de los tramos entre la estación San Pascual a la estación La Buitrera.**

## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



**EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI**

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez  
Plano: 1/4

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

**SISTEMA DE REFERENCIA**

Proyección: Transverse Mercator

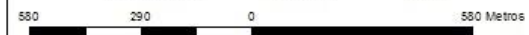
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

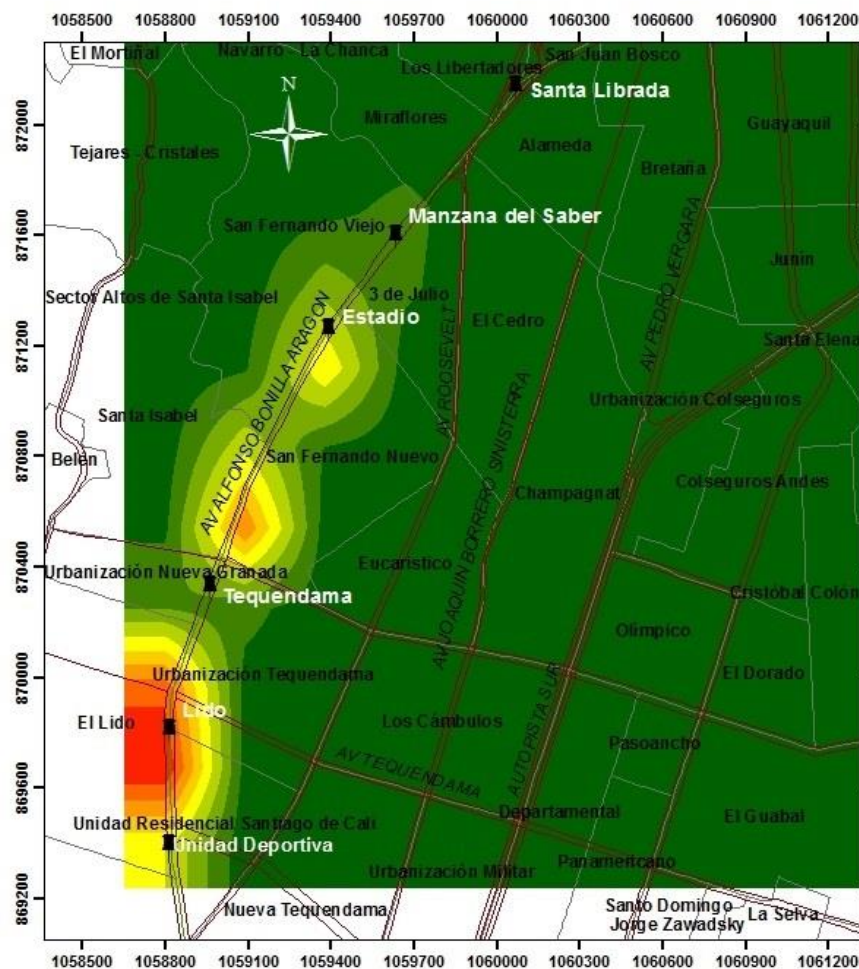
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



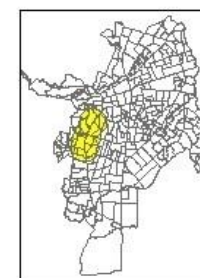
## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Día  
µg/m<sup>3</sup>

Estaciones MIO	0,00068 - 0,31	1,4 - 1,6
Vías Principales	0,32 - 0,63	1,7 - 1,9
Barrios	0,64 - 0,94	2 - 2,2
	0,95 - 1,3	2,3 - 2,5
		2,6 - 2,8



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 2/4

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

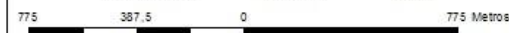
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

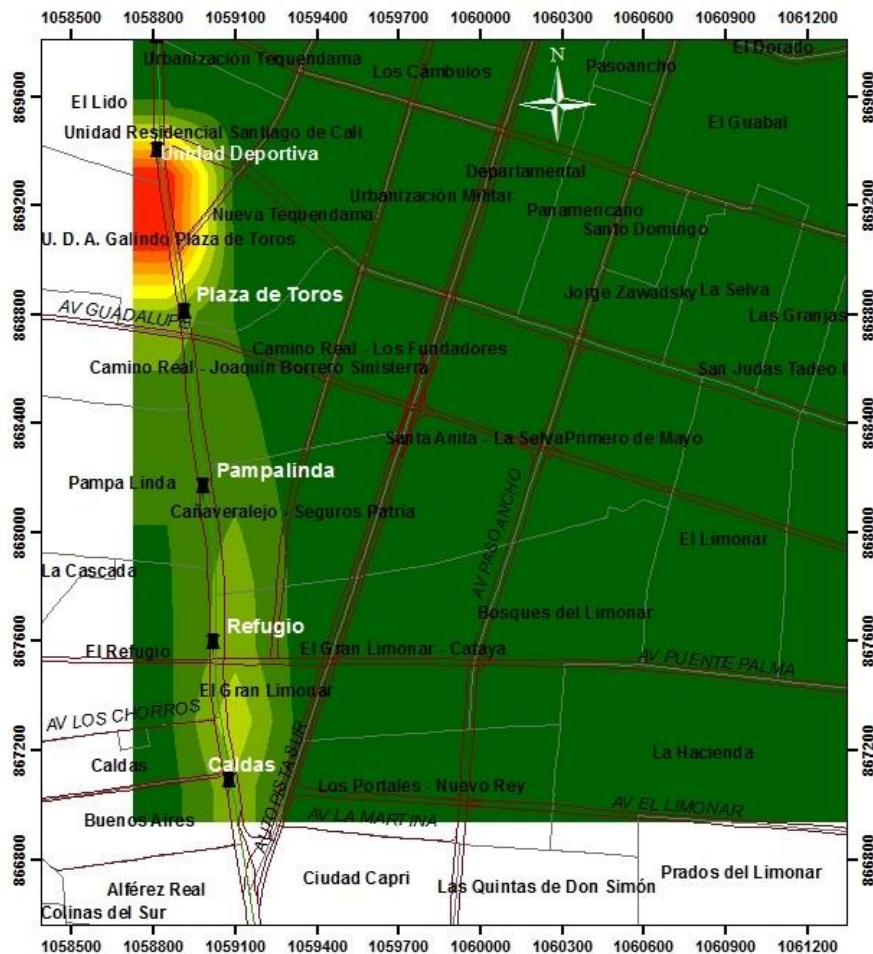
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



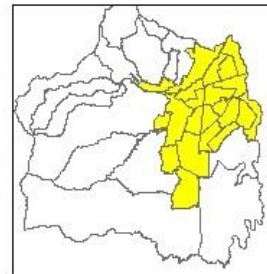


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Leyenda

	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Día µg/m <sup>3</sup>
Estaciones MIO	0,00019 - 0,055
Vías Principales	0,056 - 0,11
Barrios	0,12 - 0,16
	0,17 - 0,22
	0,23 - 0,27
	0,28 - 0,33
	0,34 - 0,38
	0,39 - 0,44
	0,45 - 0,49



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 3/4

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

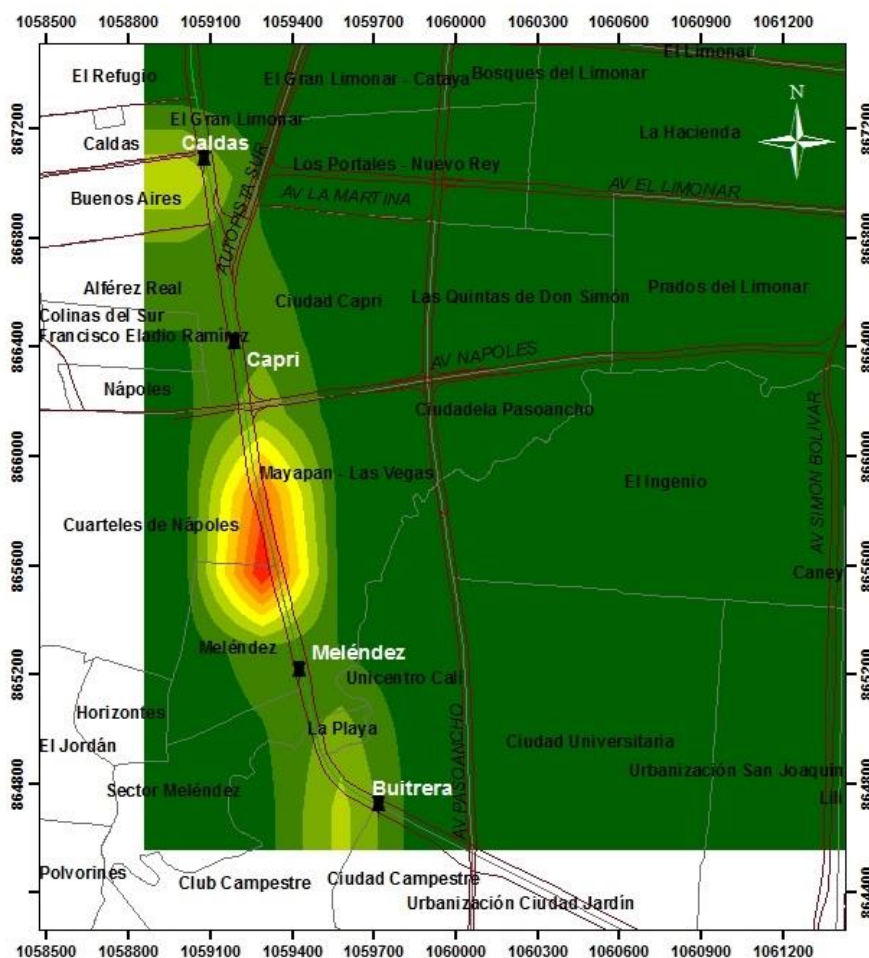
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

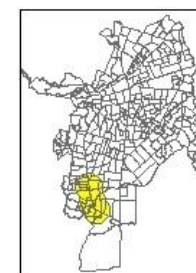
## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Día  
µg/m<sup>3</sup>

Estaciones MIO	0,00023 - 0,093	0,38 - 0,47
Vías Principales	0,094 - 0,19	0,48 - 0,56
Barrios	0,2 - 0,28	0,57 - 0,65
	0,29 - 0,37	0,66 - 0,74
		0,75 - 0,84



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 4/4

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

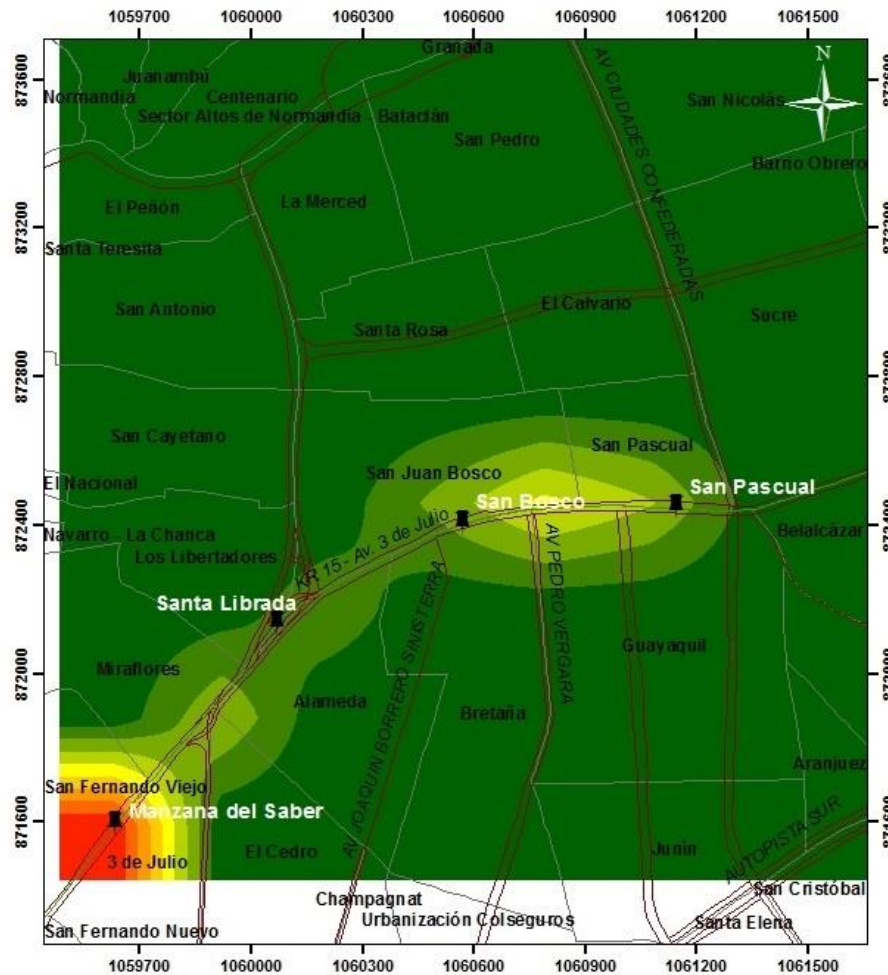
Latitud de origen: 3,44188333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

**Anexo 5. Mapas de concentración de  $PM_{10}$  en temporalidad horaria para cada uno de los tramos entre la estación San Pascual a la estación La Buitrera.**

## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 6:00 a.m.	
Estaciones MIO	0,0012 - 0,96
Vias Principales	0,97 - 1,9
Barrios	2 - 2,9
	3 - 3,8
	3,9 - 4,8
	4,9 - 5,7
	5,8 - 6,7
	6,8 - 7,7
	7,8 - 8,6



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 1/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse\_Mercator

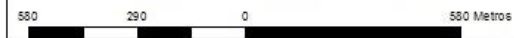
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

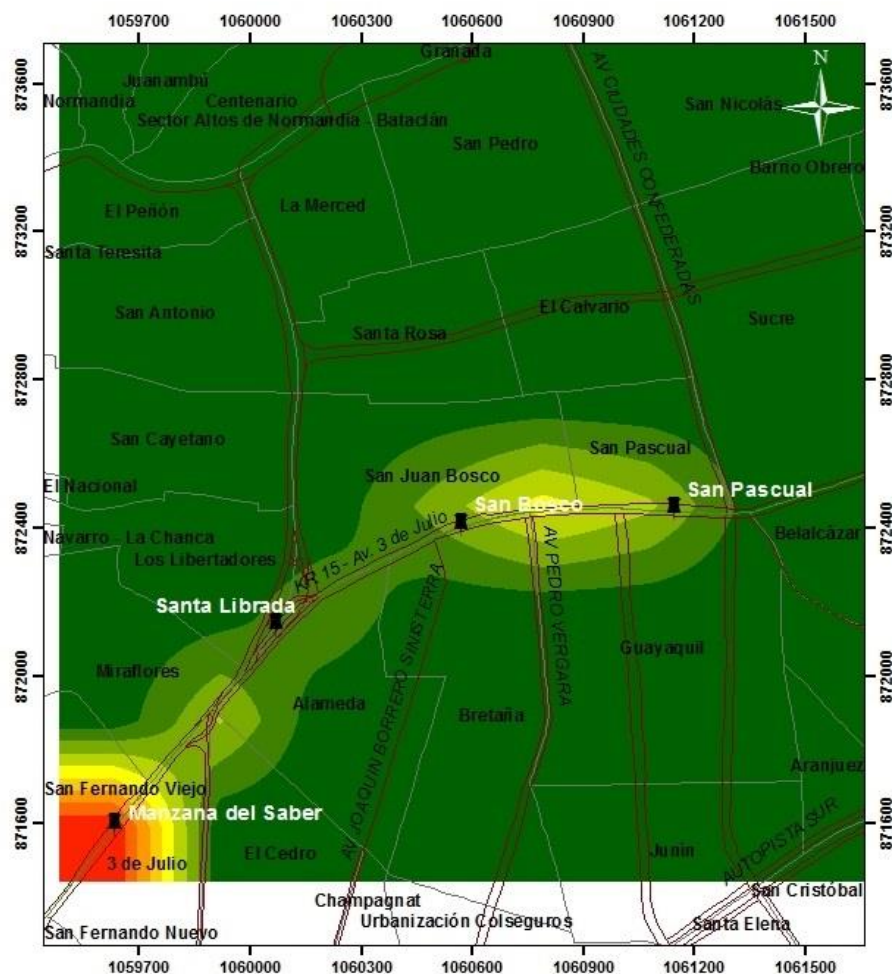
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)





## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

#### CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora

µg/m<sup>3</sup>

7:00 a.m.



Estaciones MIO



Vías Principales



Barrios

0,00065 - 0,67	2,8 - 3,3
0,68 - 1,3	3,4 - 4
1,4 - 2	4,1 - 4,7
2,1 - 2,7	4,8 - 5,3
	5,4 - 6



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 2/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

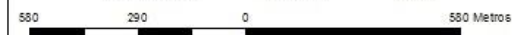
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

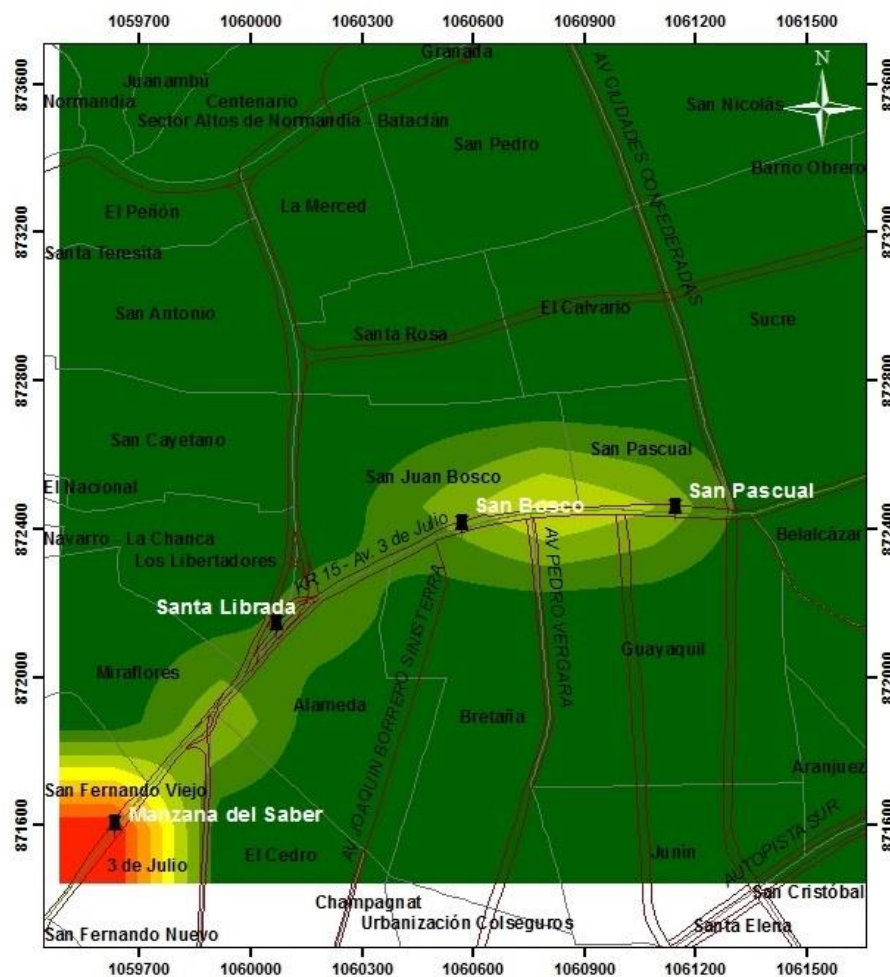
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 8:00 a.m.	
Estaciones MIO	0,00085 - 1,6
Vías Principales	1,7 - 3,3
Barrios	3,4 - 4,9
	5 - 6,6
	6,7 - 8,2
	8,3 - 9,8
	9,9 - 11
	12 - 13
	14 - 15



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 3/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

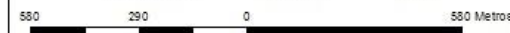
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

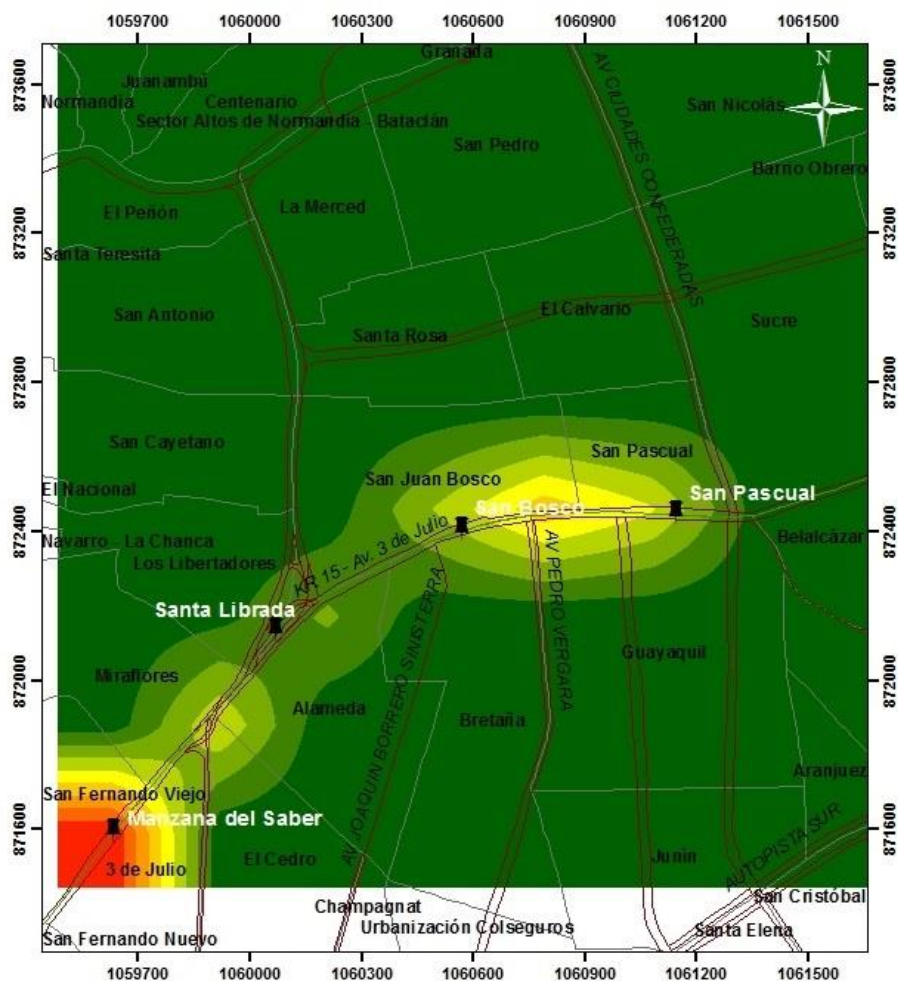
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora µg/m <sup>3</sup> 9:00 a.m.	
Estaciones MIO	0,0037 - 1,5	6 - 7,4
Vías Principales	1,6 - 3	7,5 - 8,9
Barrios	3,1 - 4,5	9 - 10
	4,6 - 5,9	11 - 12
		13 - 13



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 4/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

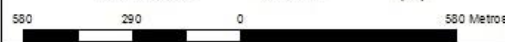
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

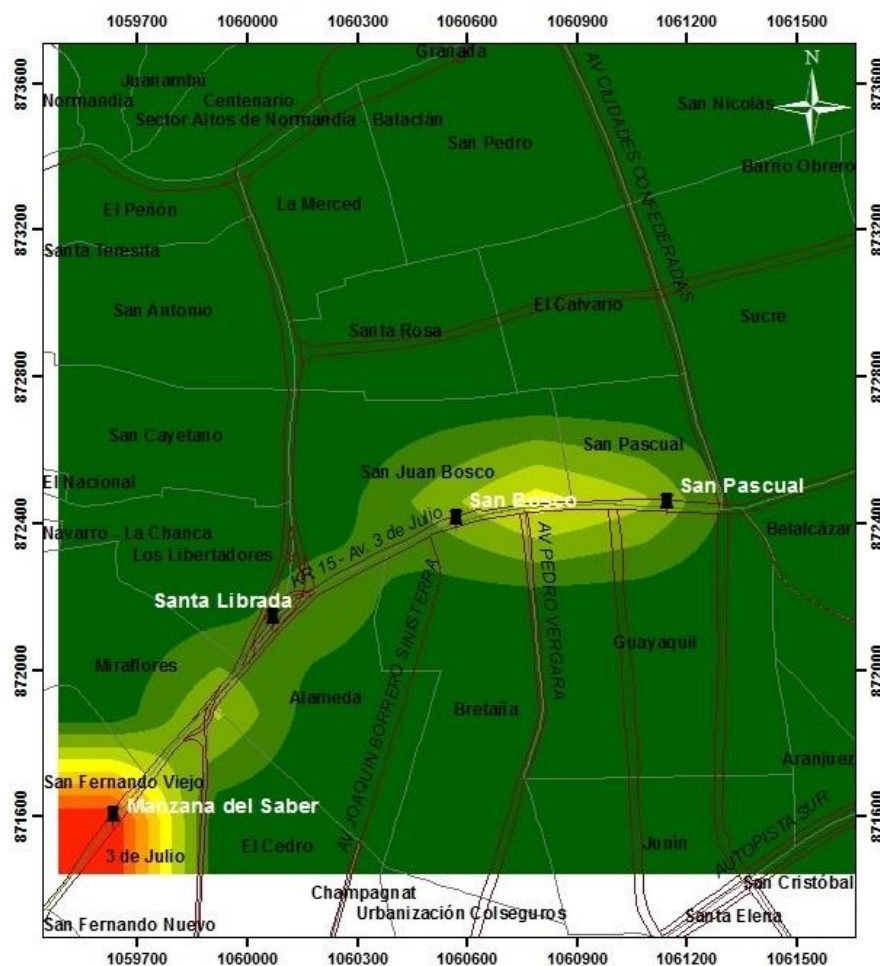
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)





## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora	
	10:00 a.m.	
Estaciones MIO	0,0041 - 0,93	3,8 - 4,7
Vias Principales	0,94 - 1,9	4,8 - 5,6
Barrios	2 - 2,8	5,7 - 6,5
	2,9 - 3,7	6,6 - 7,4
		7,5 - 8,4



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 5/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse\_Mercator

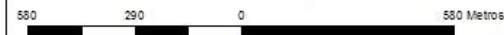
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

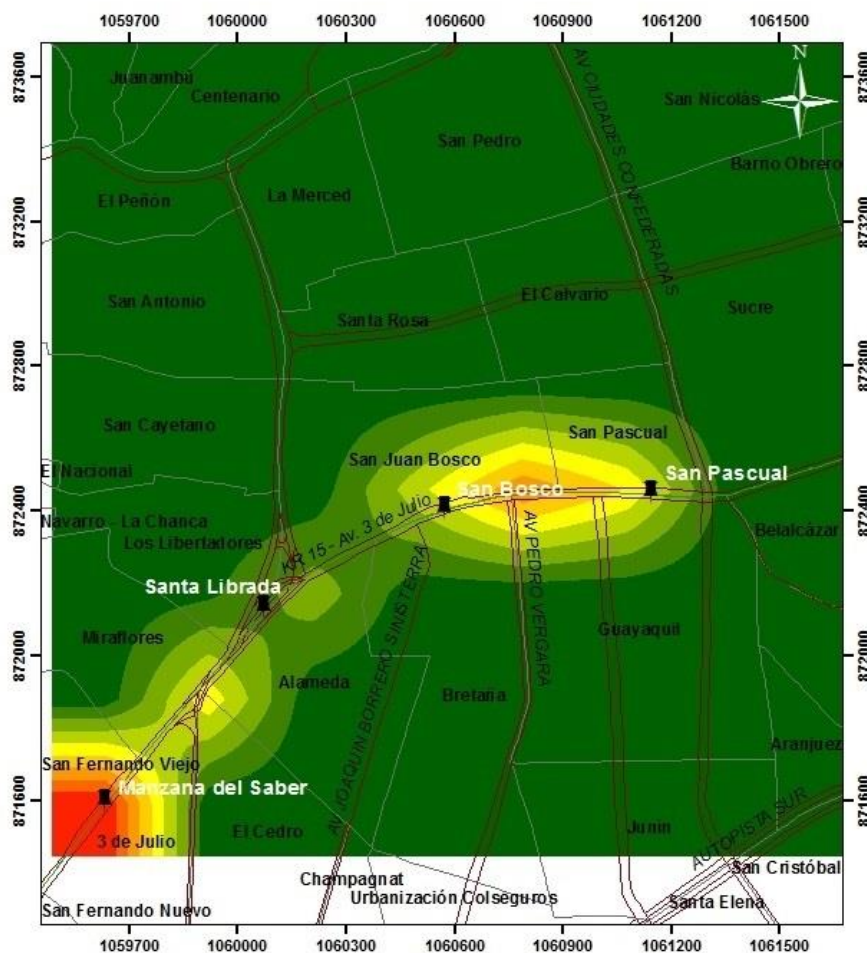
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora	
	11:00 a.m.	µg/m <sup>3</sup>
Estaciones MIO	0,0047 - 1	4,2 - 5,1
Vías Principales	1,1 - 2	5,2 - 6,1
Barrios	2,1 - 3,1	6,2 - 7,1
	3,2 - 4,1	7,2 - 8,2
		8,3 - 9,2



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 6/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

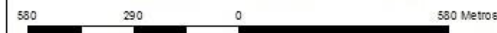
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

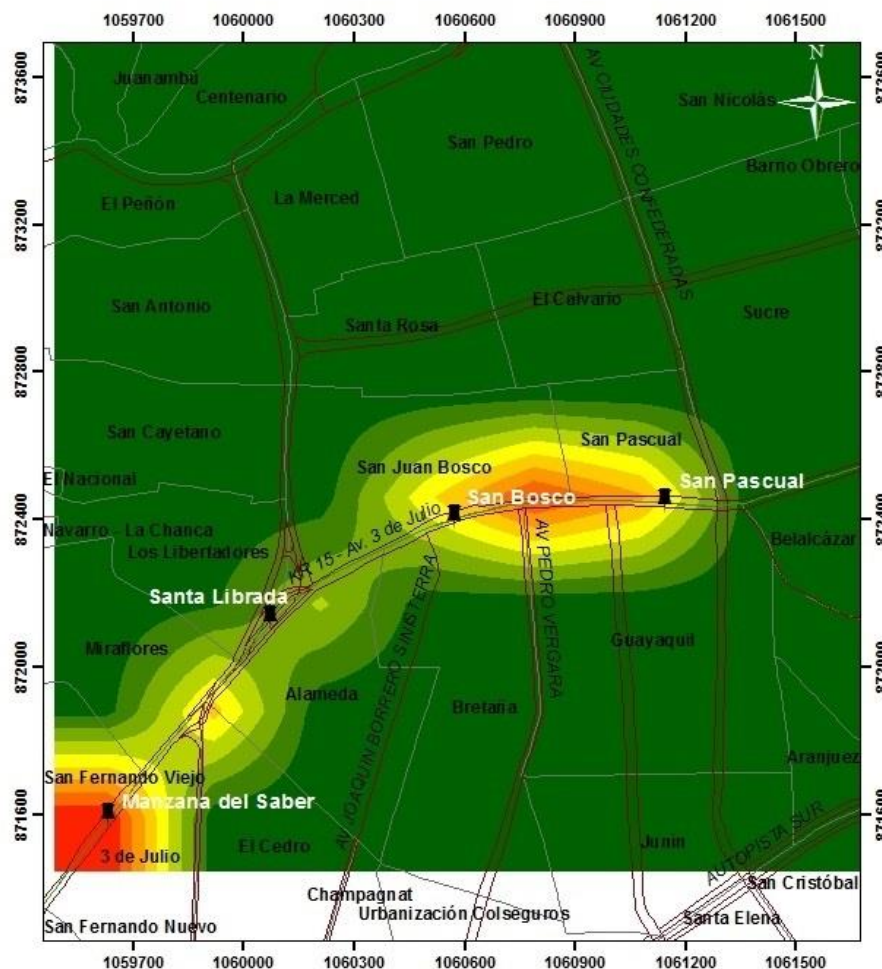
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

### CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora

12:00 m.

Estaciones MIO	0,0074 - 0,76	3,1 - 3,8
Vías Principales	0,77 - 1,5	3,9 - 4,5
Barrios	1,6 - 2,3	4,6 - 5,3
	2,4 - 3	5,4 - 6
		6,1 - 6,8



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 7/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

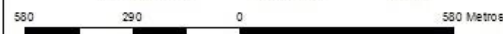
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76.5205625

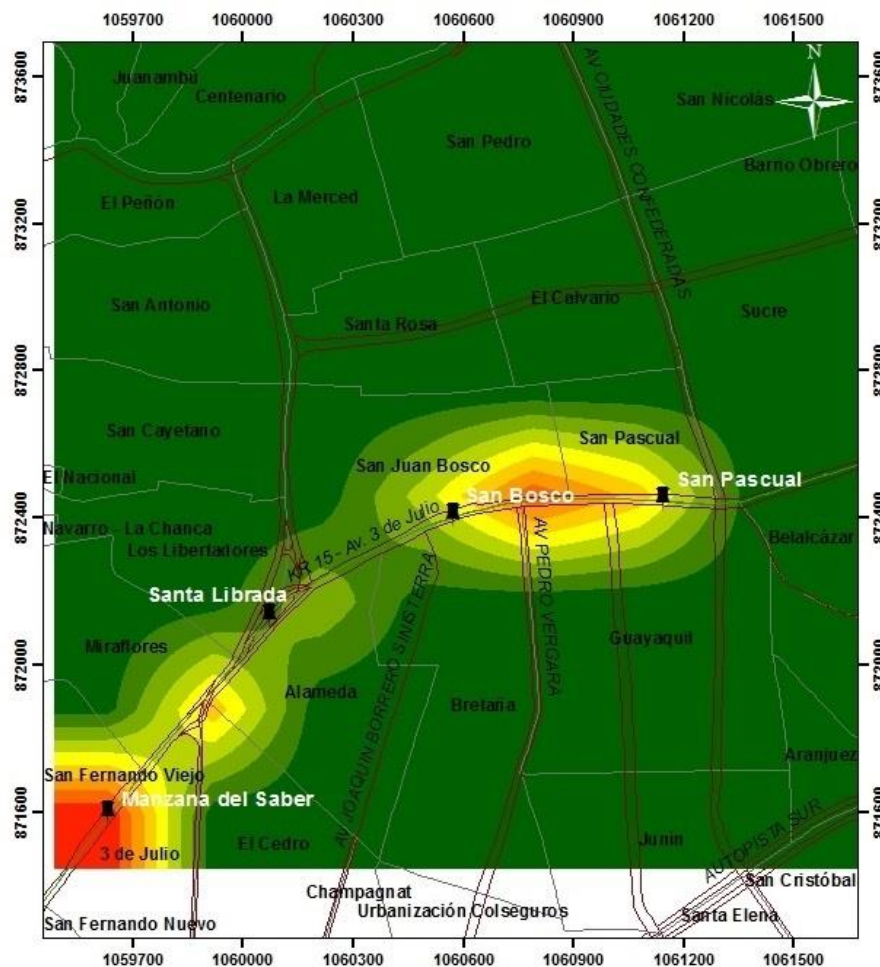
Latitud de origen: 3,44188333

Unidades: Metros (m)





## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora  
µg/m<sup>3</sup>  
1:00 p.m.

Estaciones MIO	0,0048 - 0,5	2,1 - 2,5
Vías Principales	0,51 - 1	2,6 - 3
Barrios	1,1 - 1,5	3,1 - 3,5
	1,6 - 2	3,6 - 4
		4,1 - 4,5



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 8/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

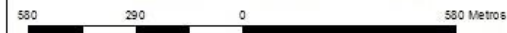
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

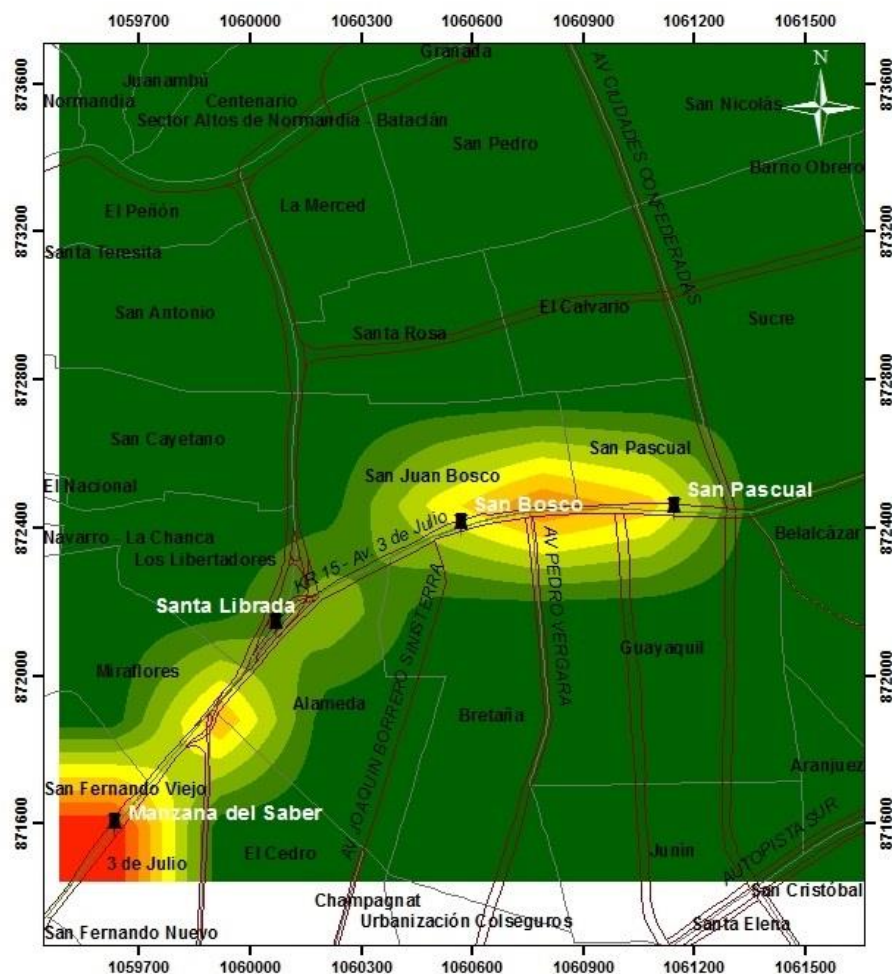
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Leyenda

CONCENTRACIÓN DE PM<sub>10</sub> / Hora  
µg/m<sup>3</sup>

2:00 p.m.



Estaciones MIO



Vias



Principales



Barrios

0,0021 - 0,28	1,2 - 1,4
0,29 - 0,56	1,5 - 1,7
0,57 - 0,85	1,8 - 2
0,86 - 1,1	2,1 - 2,3
	2,4 - 2,5



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 9/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

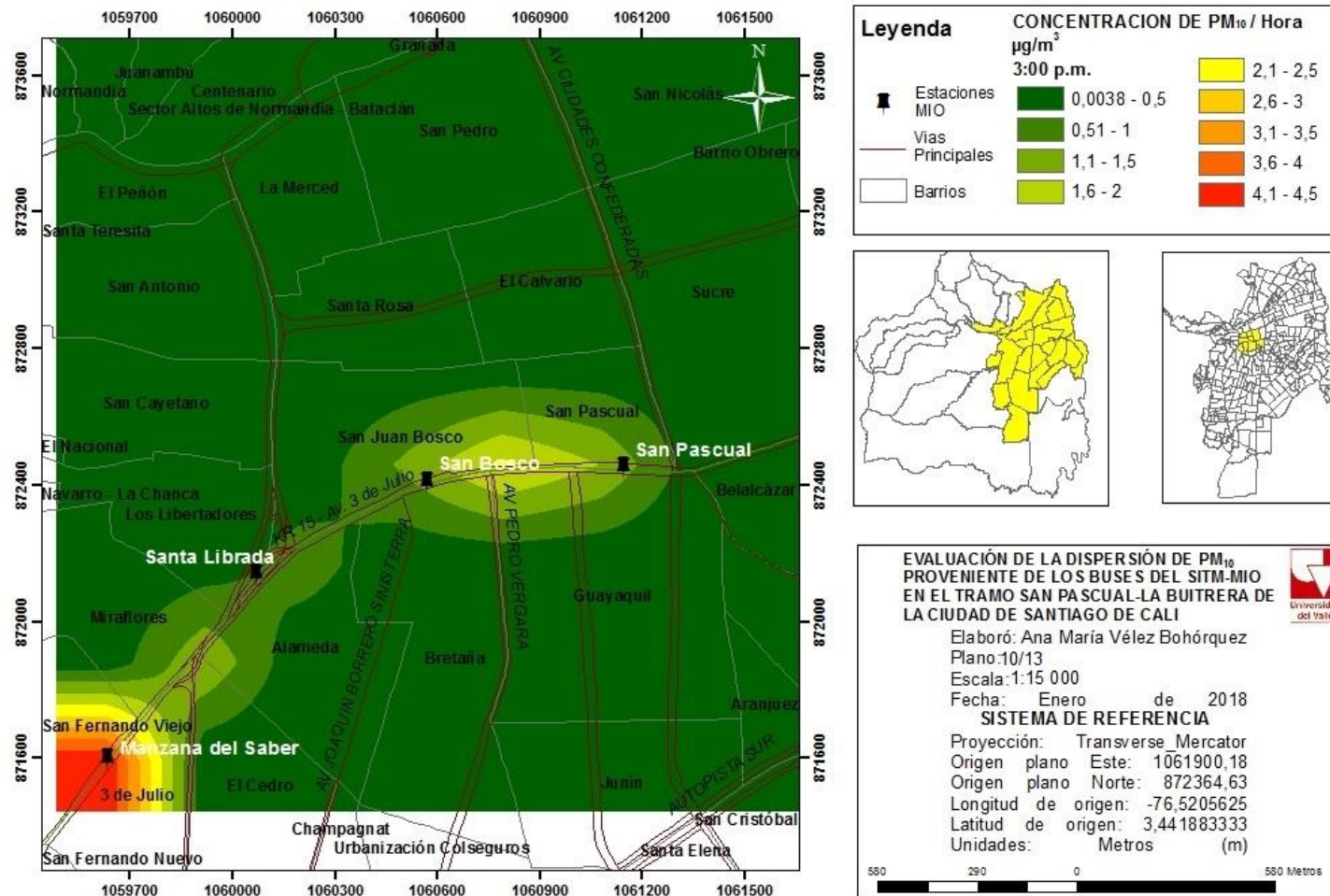
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

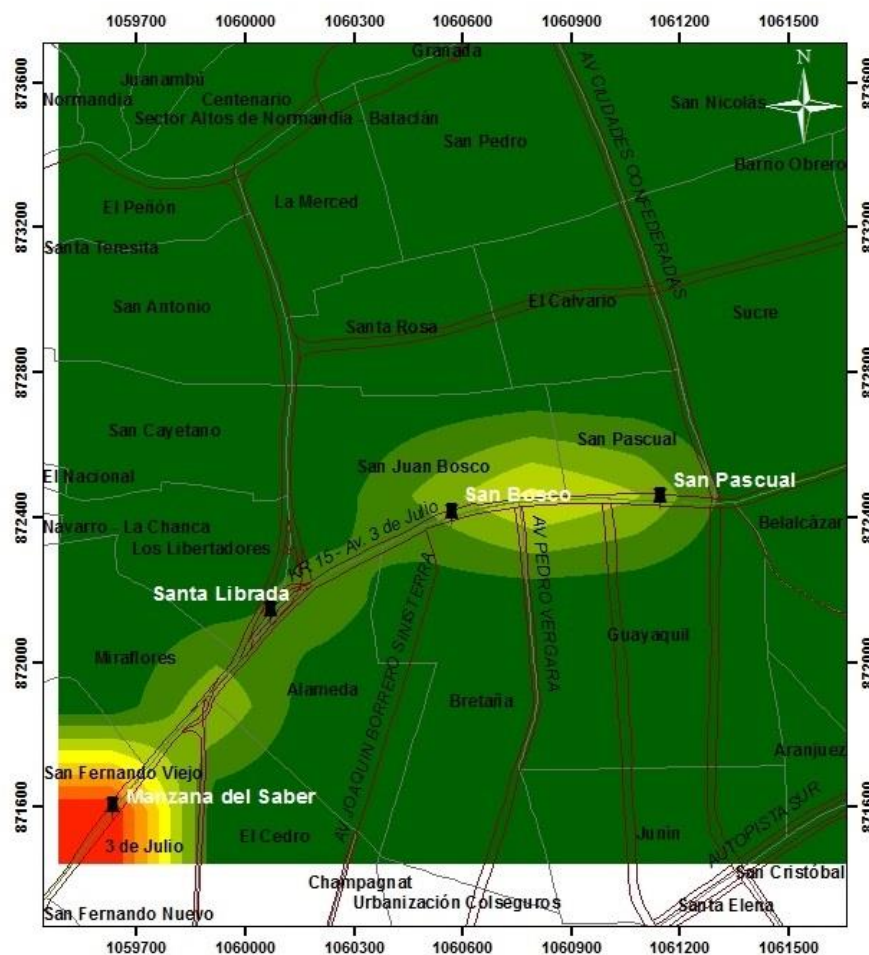




## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Legenda

Estaciones MIO	Vias Principales	Barrios	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 4:00 p.m. µg/m <sup>3</sup>	
			0,0024 - 0,42	1,8 - 2,1
			0,43 - 0,84	2,2 - 2,5
			0,85 - 1,3	2,6 - 2,9
			1,4 - 1,7	3 - 3,3
				3,4 - 3,8



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 11/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

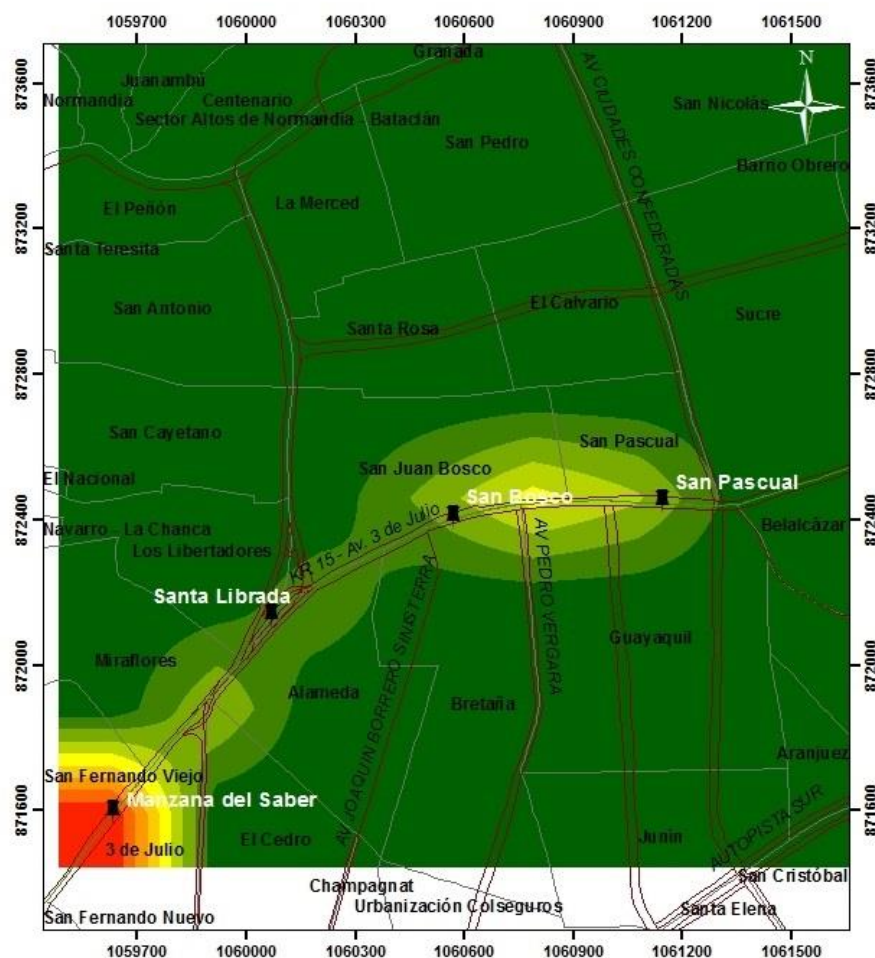
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

580 290 0 580 Metros

## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora µg/m <sup>3</sup> 5:00 p.m.	
0,0053 - 0,83	3,4 - 4,1
0,84 - 1,7	4,2 - 5
1,8 - 2,5	5,1 - 5,8
2,6 - 3,3	5,9 - 6,6
	6,7 - 7,4



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 12/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

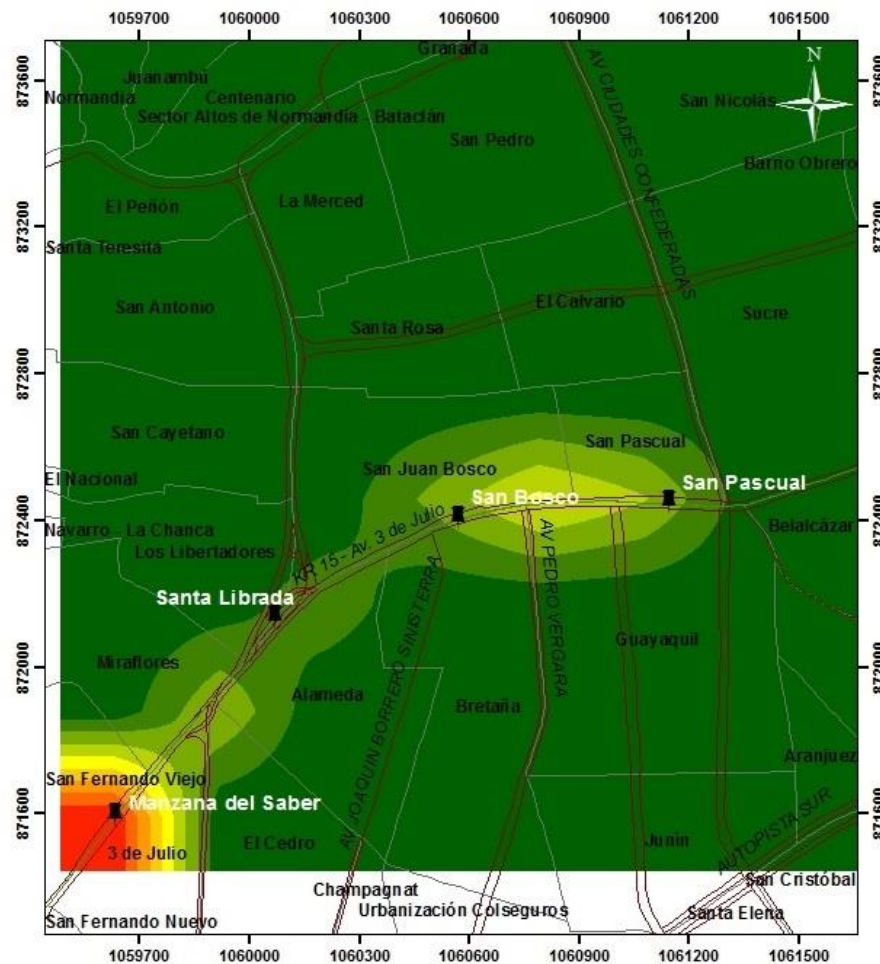
Latitud de origen: 3,44188333

Unidades: Metros (m)

580 290 0 580 Metros

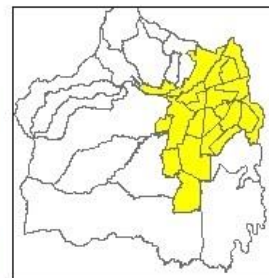


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: SAN PASCUAL - MANZANA DEL SABER.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora µg/m <sup>3</sup> 6:00 p.m.	
Estaciones MIO	0,014 - 1,6
Vias Principales	1,7 - 3,1
Barrios	3,2 - 4,6
	4,7 - 6,2
	6,3 - 7,7
	7,8 - 9,3
	9,4 - 11
	12 - 12
	13 - 14



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 13/13

Escala: 1:15 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse\_Mercator

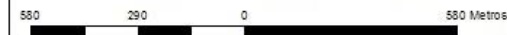
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

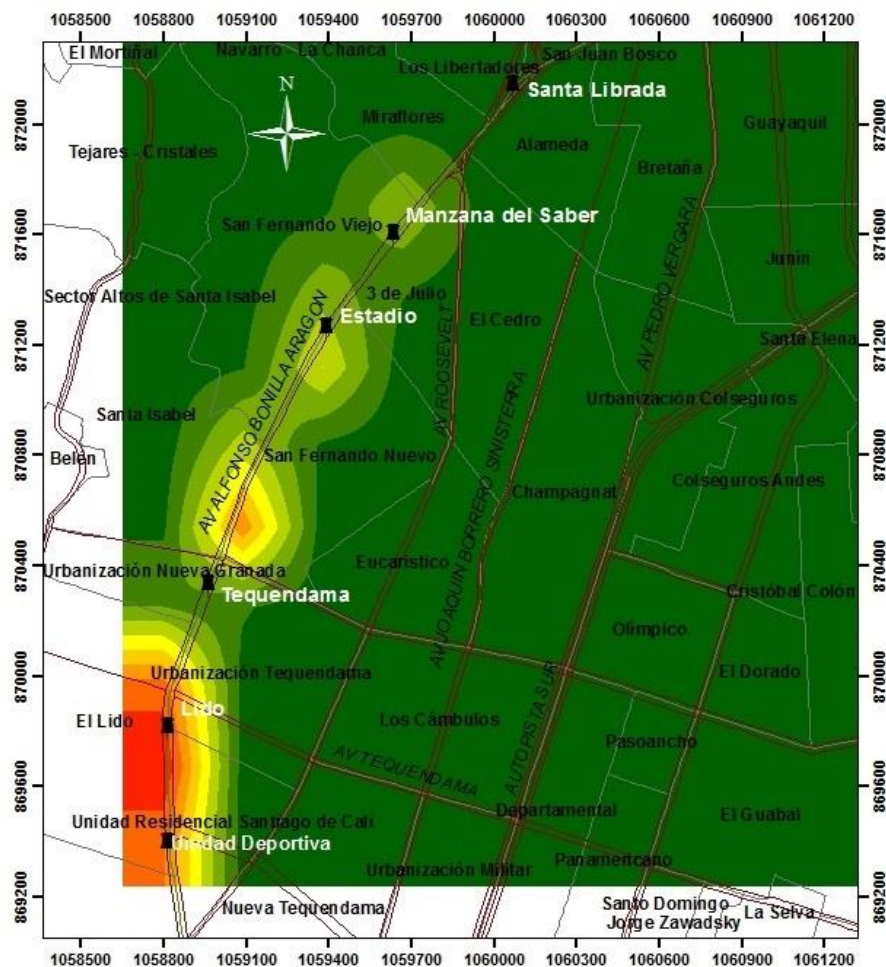
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora µg/m <sup>3</sup>	
6:00 a.m.	
Estaciones MIO	0,00071 - 0,91
Vias Principales	0,92 - 1,8
Barrios	1,9 - 2,7
	2,8 - 3,7
	3,8 - 4,6
	4,7 - 5,5
	5,6 - 6,4
	6,5 - 7,3
	7,4 - 8,2



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 1/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

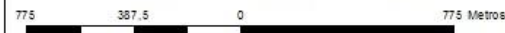
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

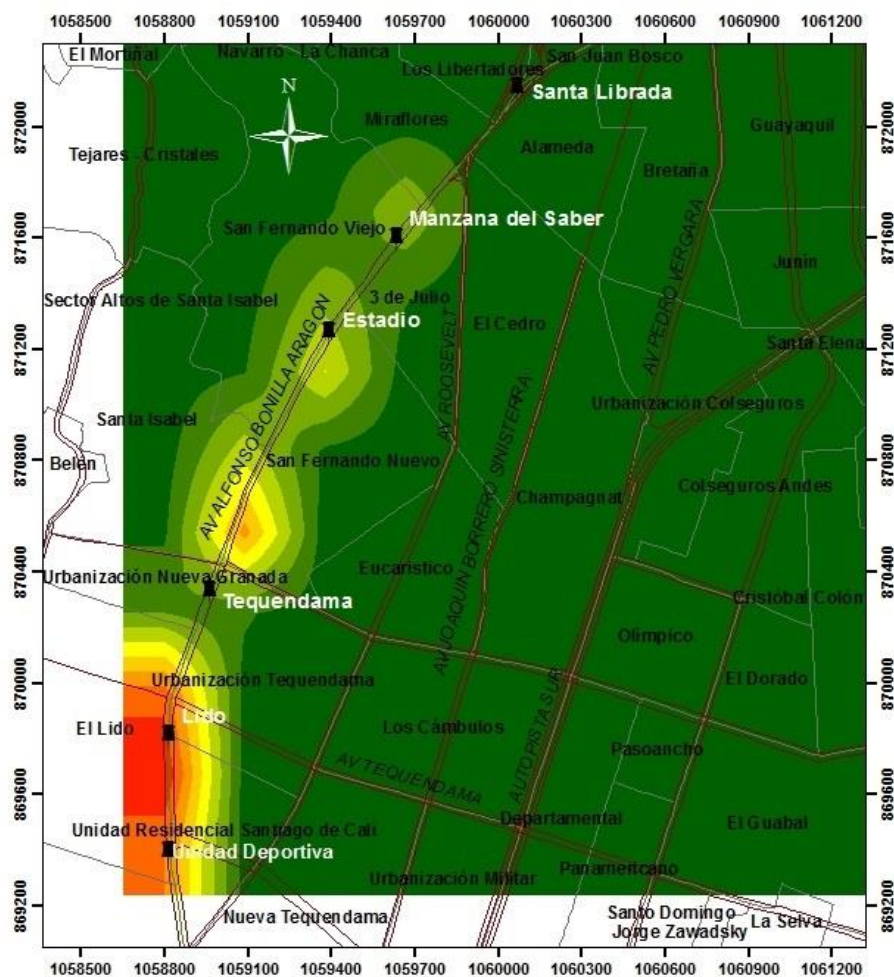
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



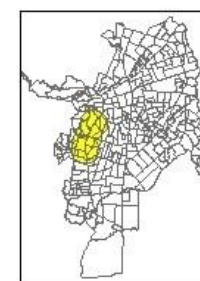


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Leyenda

	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 7:00 a.m.	µg/m <sup>3</sup>
Estaciones MIO	0,00044 - 0,65	2,7 - 3,2
Vías Principales	0,66 - 1,3	3,3 - 3,9
Barrios	1,4 - 1,9	4 - 4,5
	2 - 2,6	4,6 - 5,2
		5,3 - 5,8



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PAISCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 2/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

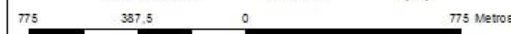
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

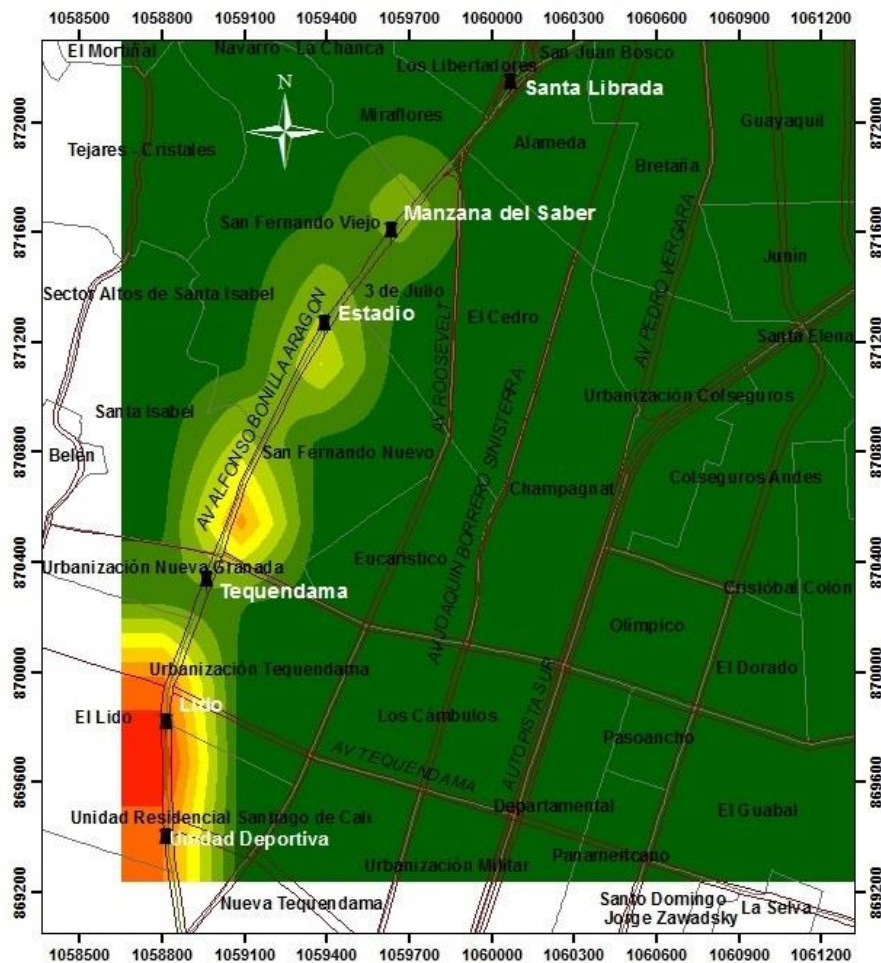
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Leyenda



Estaciones MIO



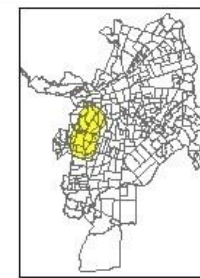
Vias Principales



Barrios

### CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora 8:00 a.m.

0,00044 - 1,4	5,7 - 7
1,5 - 2,8	7,1 - 8,4
2,9 - 4,2	8,5 - 9,8
4,3 - 5,6	9,9 - 11
	12 - 13



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 3/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse\_Mercator

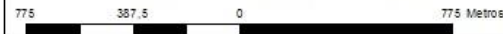
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

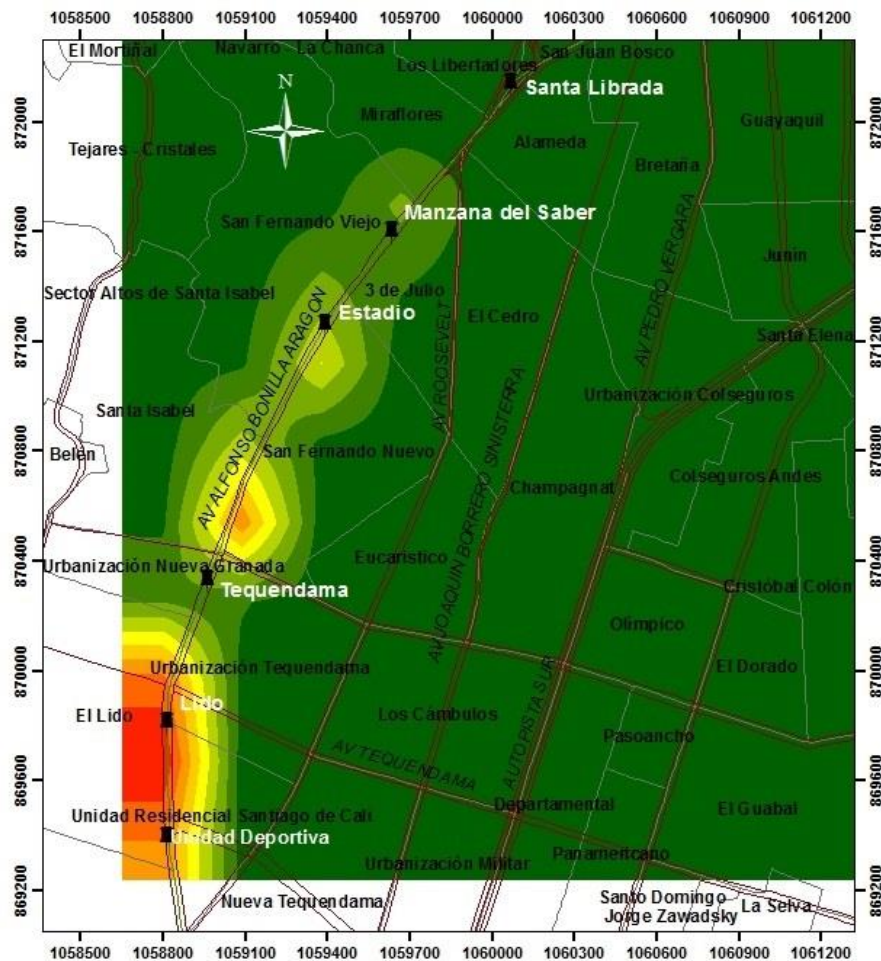
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



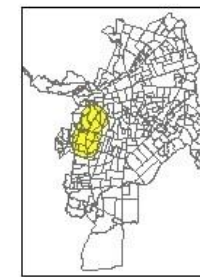
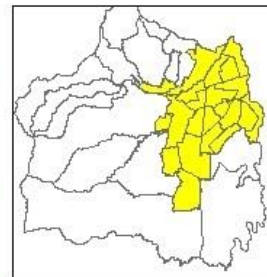


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 9:00 a.m.	
Estaciones MIO	0,0031 - 2,1
Vias Principales	2,2 - 4,2
Barrios	4,3 - 6,3
	6,4 - 8,4
	8,5 - 10
	11 - 13
	14 - 15
	16 - 17
	18 - 19



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 4/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

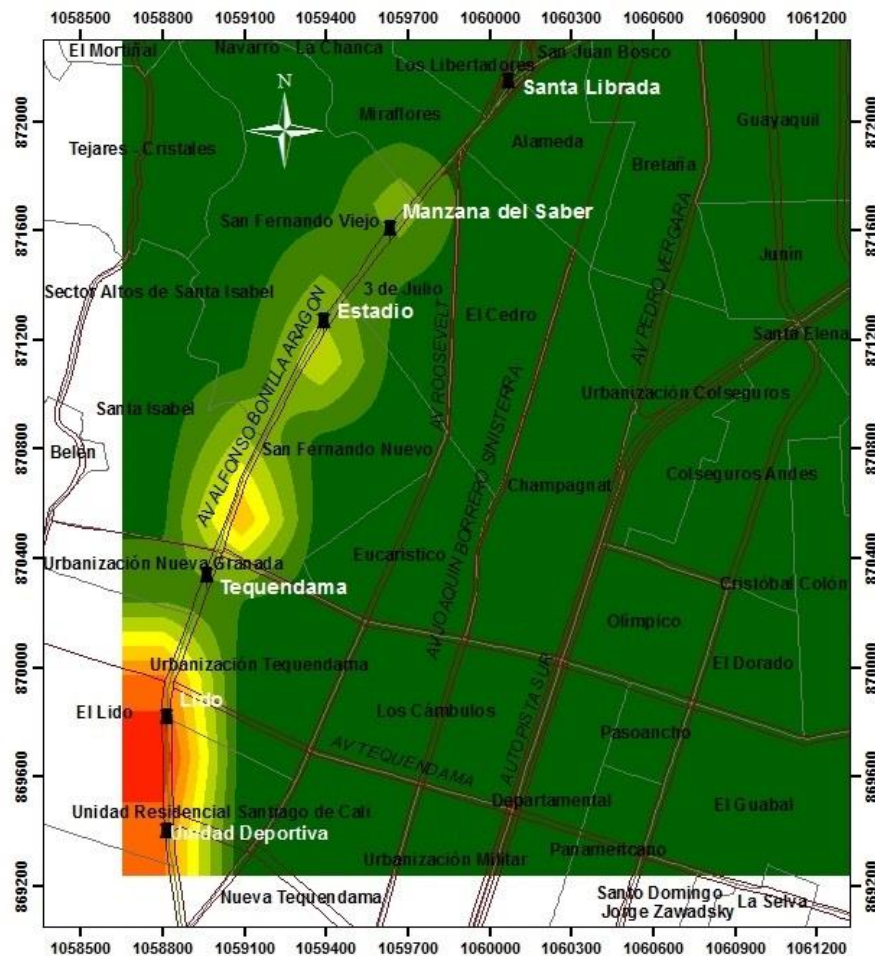
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

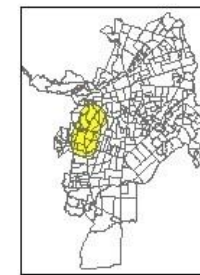


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora µg/m <sup>3</sup> 10:00 a.m.	
Estaciones MIO	0,0045 - 1,3
Vias Principales	1,4 - 2,7
Barrios	2,8 - 4
	4,1 - 5,3
	5,4 - 6,6
	6,7 - 8
	8,1 - 9,3
	9,4 - 11
	12 - 12



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 5/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

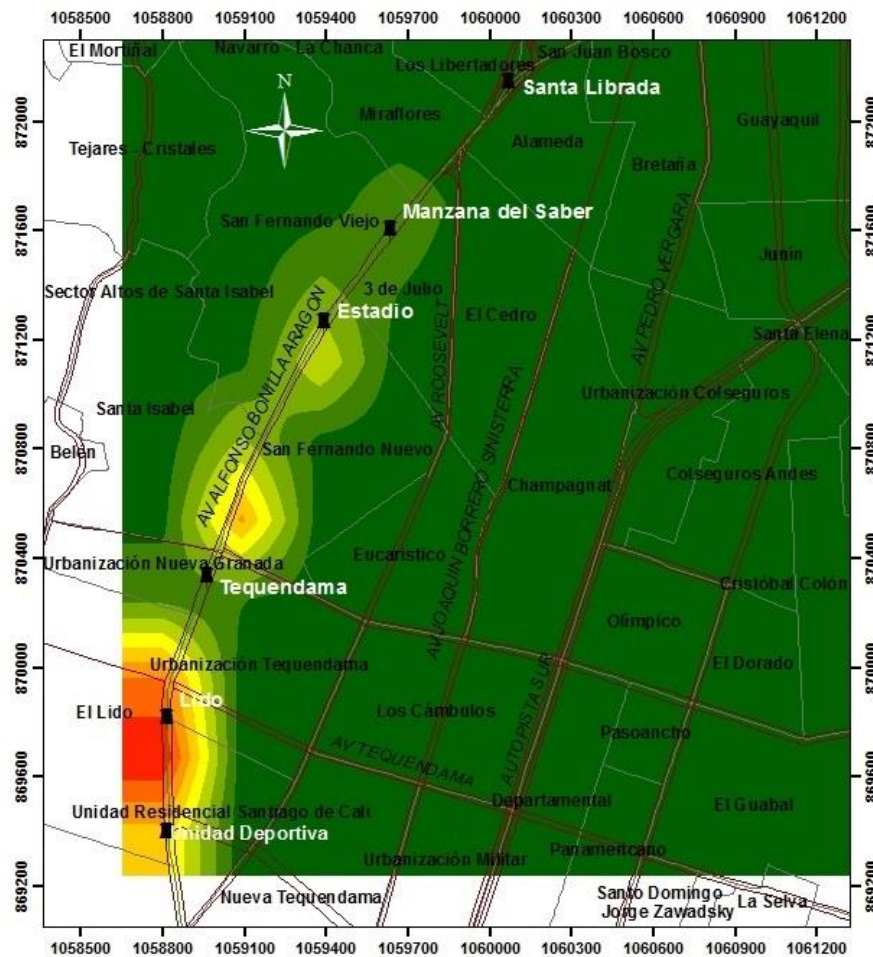
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

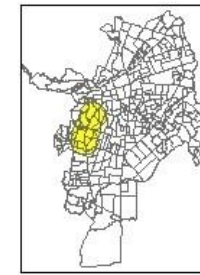
775 387,5 0 775 Metros

## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Legenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora µg/m <sup>3</sup> 11:00 a.m.
	0,0051 - 1,4
	1,5 - 2,8
	2,9 - 4,3
	4,4 - 5,7
	5,8 - 7,1
	7,2 - 8,5
	8,6 - 9,9
	10 - 11
	12 - 13



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 6/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

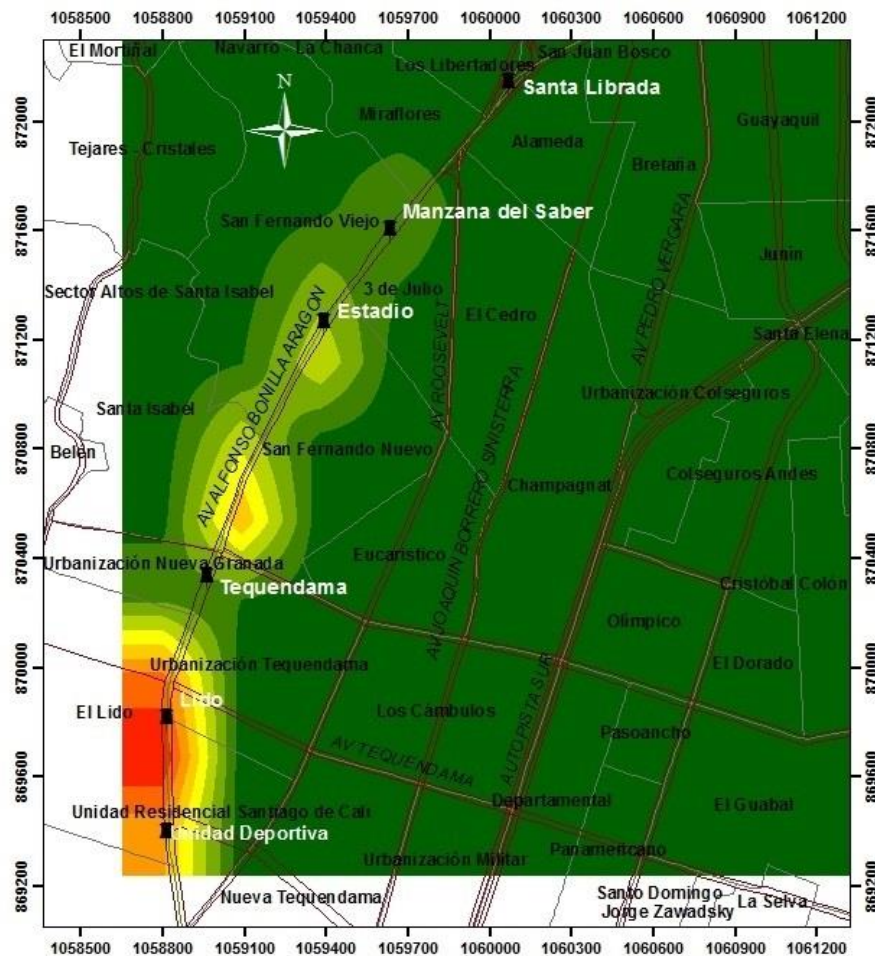
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

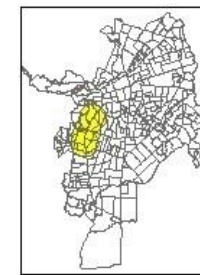


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 12:00 m.	µg/m <sup>3</sup>
Estaciones MIO	0,01 - 1,8
Vias Principales	1,9 - 3,6
Barrios	3,7 - 5,3
	5,4 - 7,1
	7,2 - 8,9
	9 - 11
	12 - 12
	13 - 14
	15 - 16



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 7/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

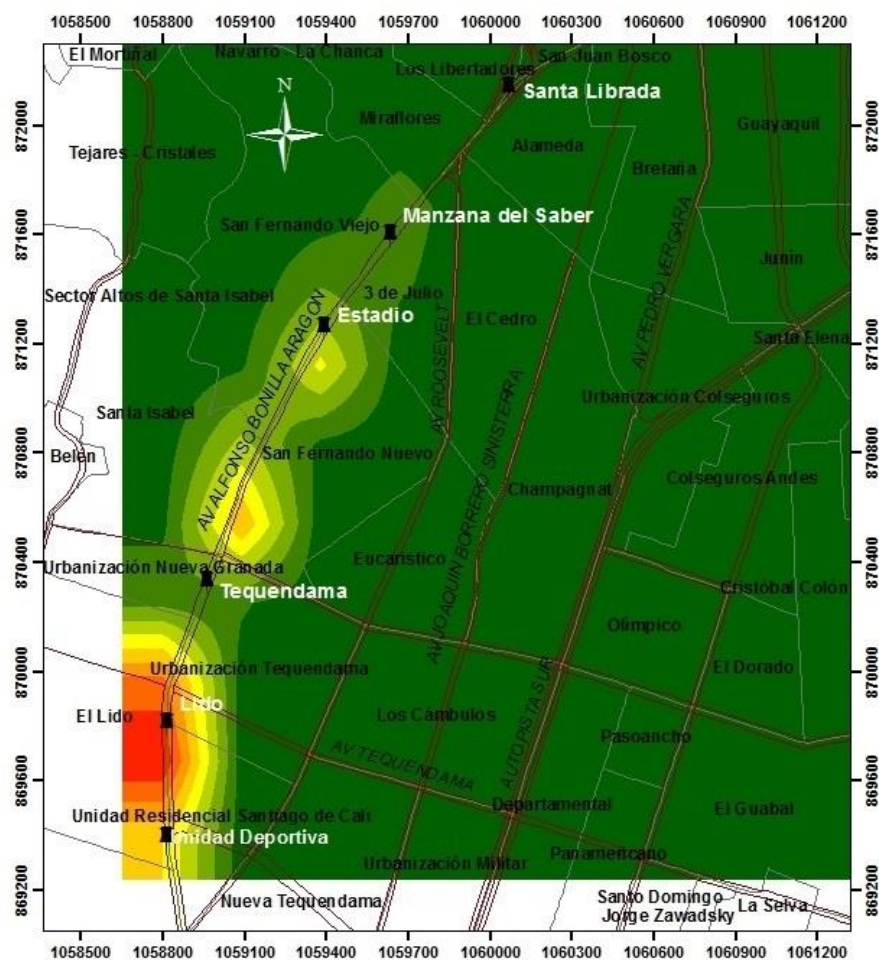
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

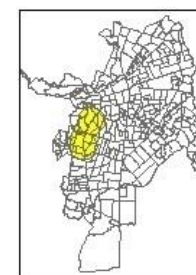
## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora µg/m <sup>3</sup> 1:00 p.m.	
0,0064 - 1,3	5,4 - 6,6
1,4 - 2,6	6,7 - 7,9
2,7 - 4	8 - 9,2
4,1 - 5,3	9,3 - 11
	12 - 12



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 8/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

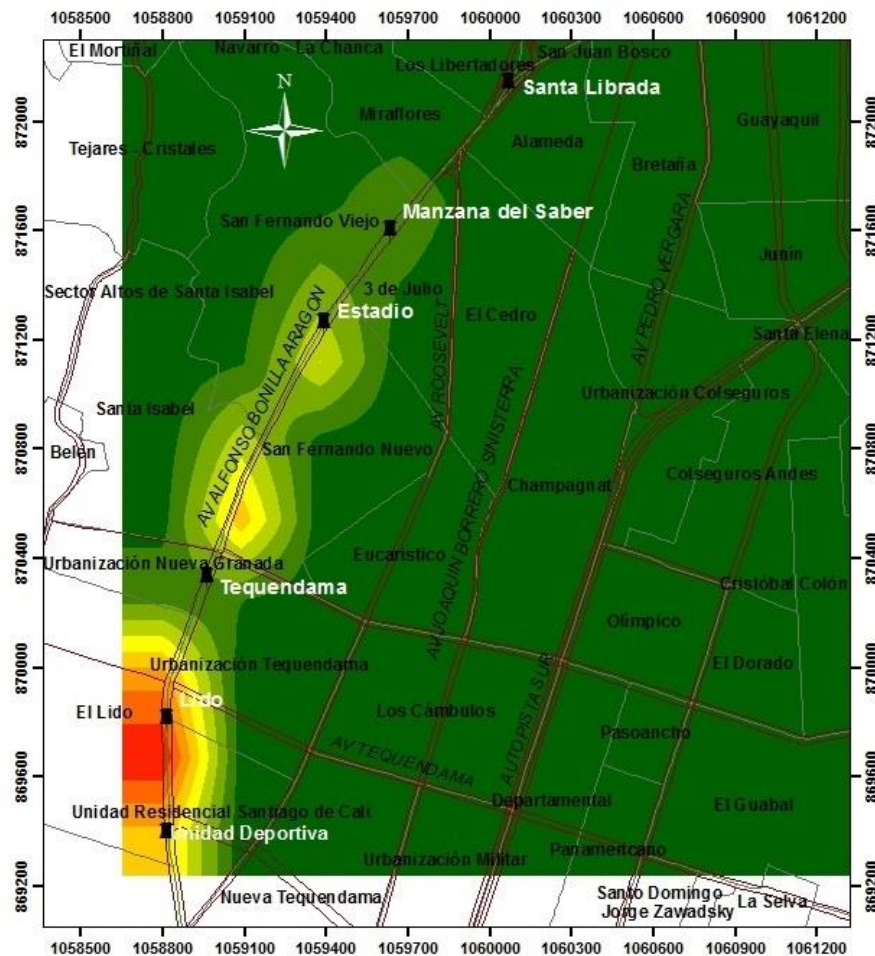
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

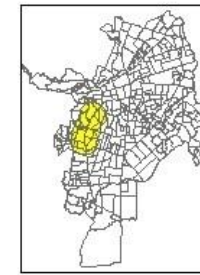


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Legenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 2:00 p.m. µg/m <sup>3</sup>	2,9 - 3,5
Vías Principales	0,0032 - 0,7	3,6 - 4,2
Barrios	0,71 - 1,4	4,3 - 4,9
	1,5 - 2,1	5 - 5,6
	2,2 - 2,8	5,7 - 6,2



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 9/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

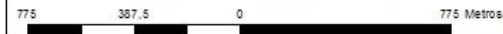
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

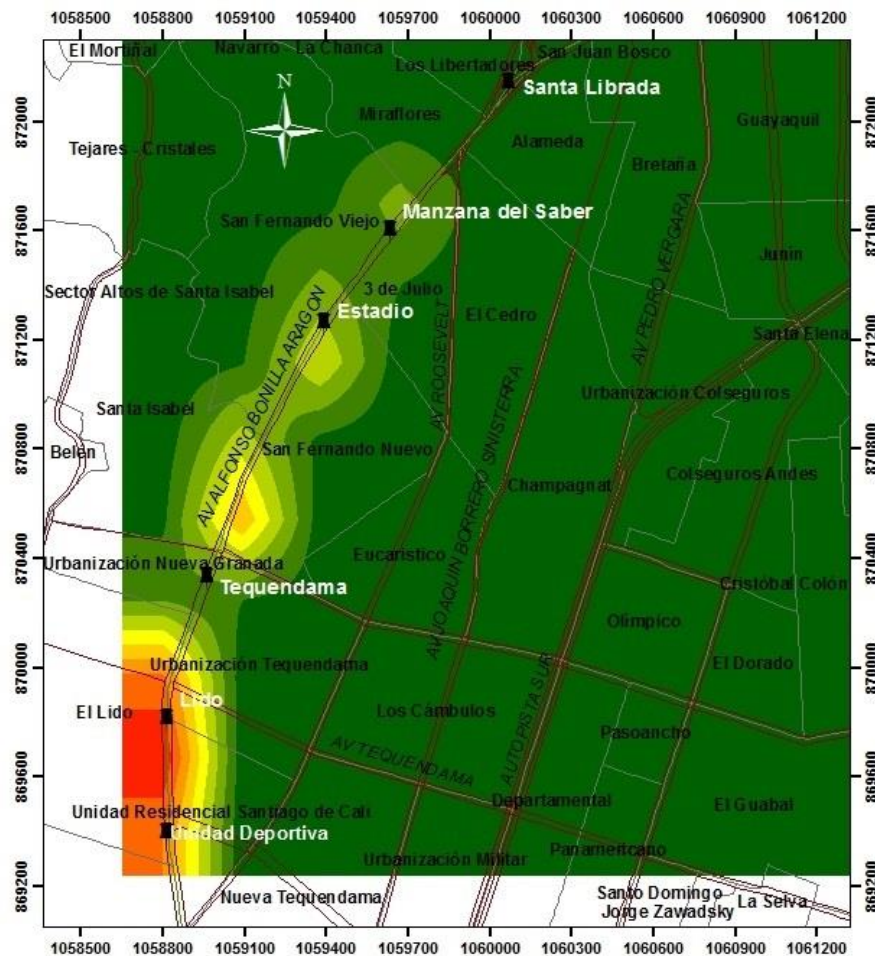
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

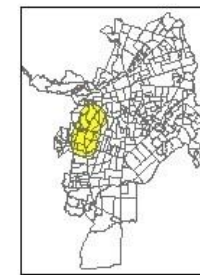


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Legenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 3:00 p.m. µg/m <sup>3</sup>	2,4 - 2,9
Vías Principales	0,0029 - 0,58	3 - 3,5
Barrios	0,59 - 1,2	3,6 - 4,1
	1,3 - 1,7	4,2 - 4,7
	1,8 - 2,3	4,8 - 5,2



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 10/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

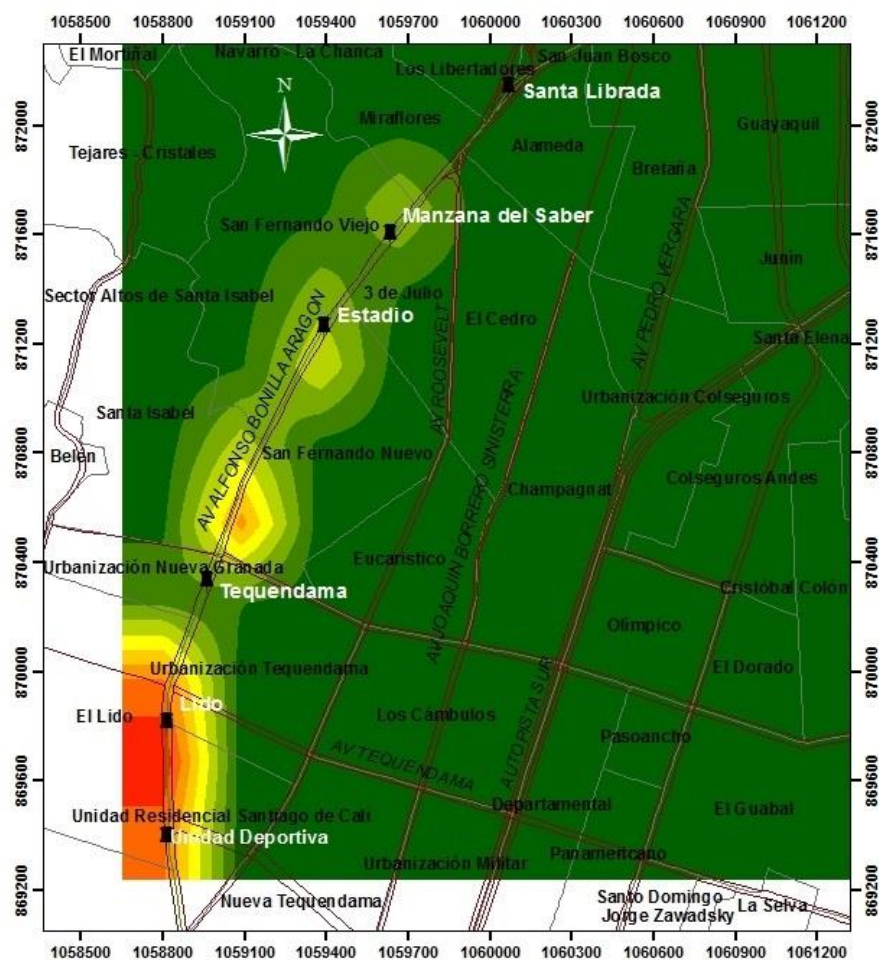
Unidades: Metros (m)



775 387,5 0 775 Metros



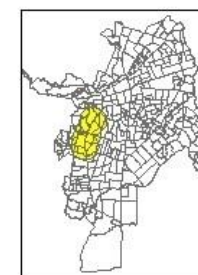
## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 4:00 p.m. µg/m <sup>3</sup>	
0,002 - 0,4	1,9 - 2,2
0,45 - 0,88	2,3 - 2,6
0,89 - 1,3	2,7 - 3,1
1,4 - 1,8	3,2 - 3,5
	3,6 - 3,9



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 11/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

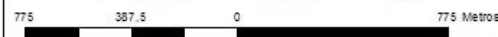
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

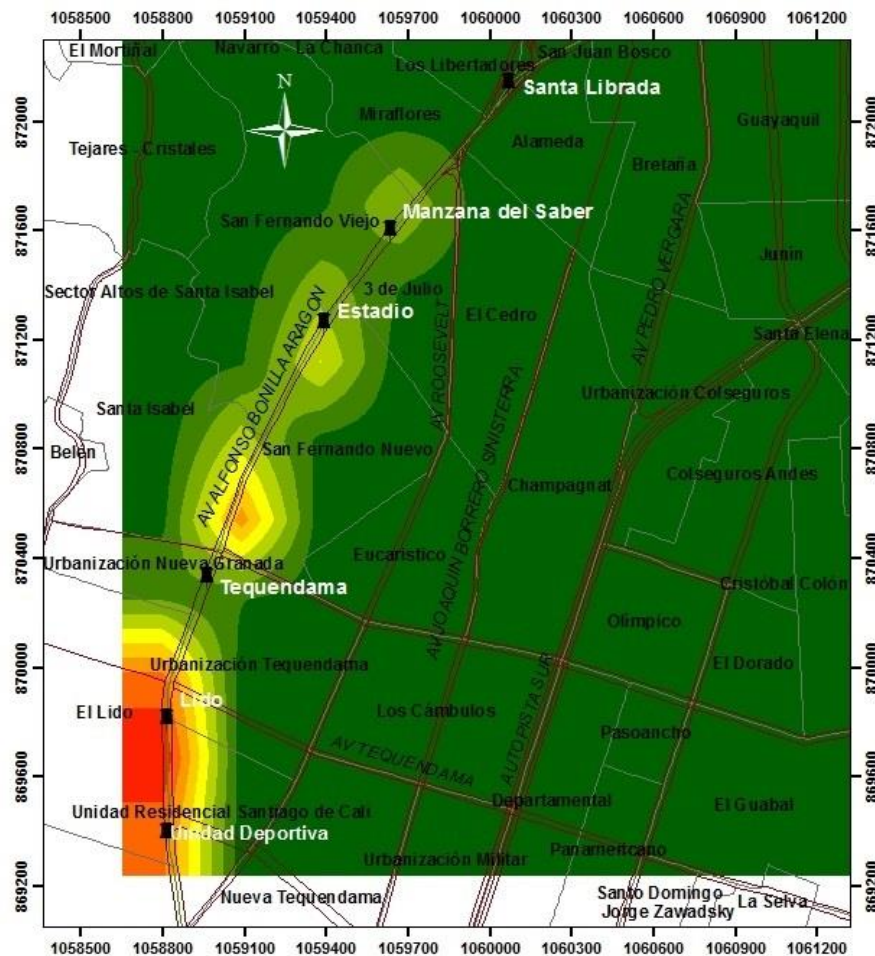
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

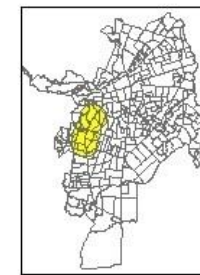


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Legenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 5:00 p.m. µg/m <sup>3</sup>	3,3 - 4
Vías Principales	0,0056 - 0,81	4,1 - 4,8
Barrios	0,82 - 1,6	4,9 - 5,6
	1,7 - 2,4	5,7 - 6,4
	2,5 - 3,2	6,5 - 7,2



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 12/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

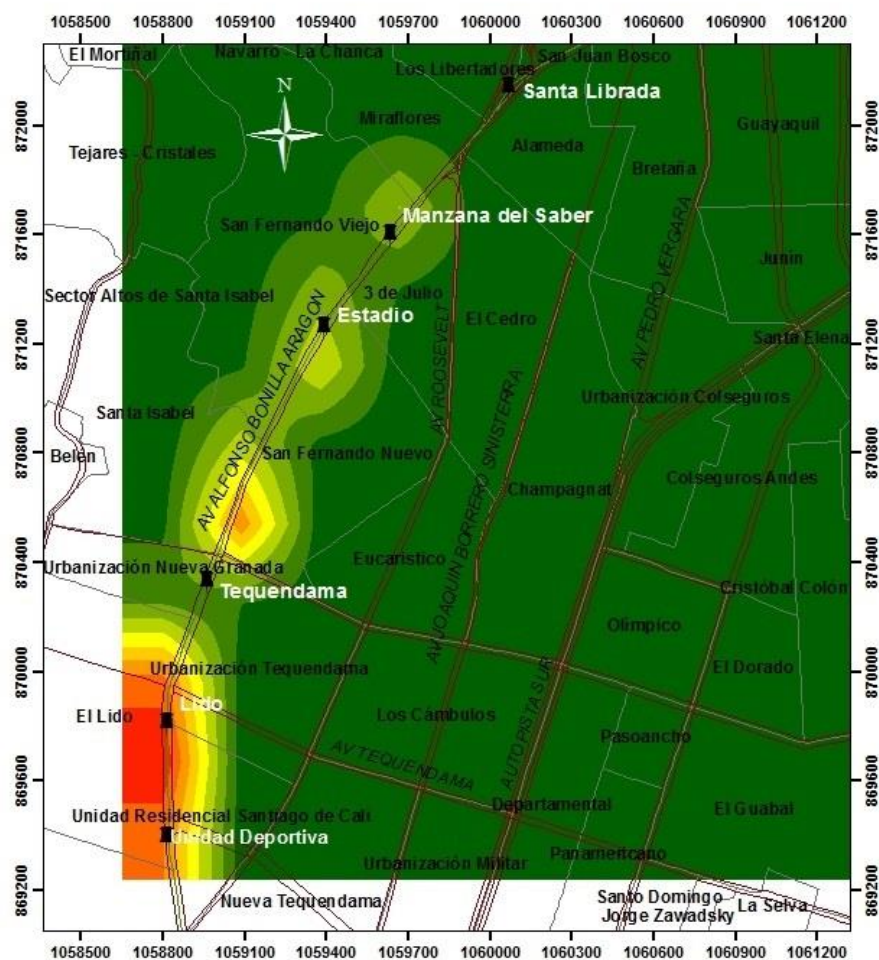
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros



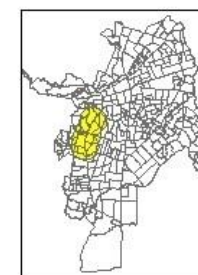
## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: MANZANA DEL SABER - UNIDAD DEPORTIVA.



### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 6:00 p.m.	
0,014 - 1,9	7,5 - 9,3
2 - 3,7	9,4 - 11
3,8 - 5,6	12 - 13
5,7 - 7,4	14 - 15
	16 - 17



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 13/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

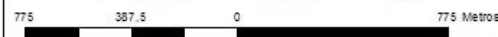
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

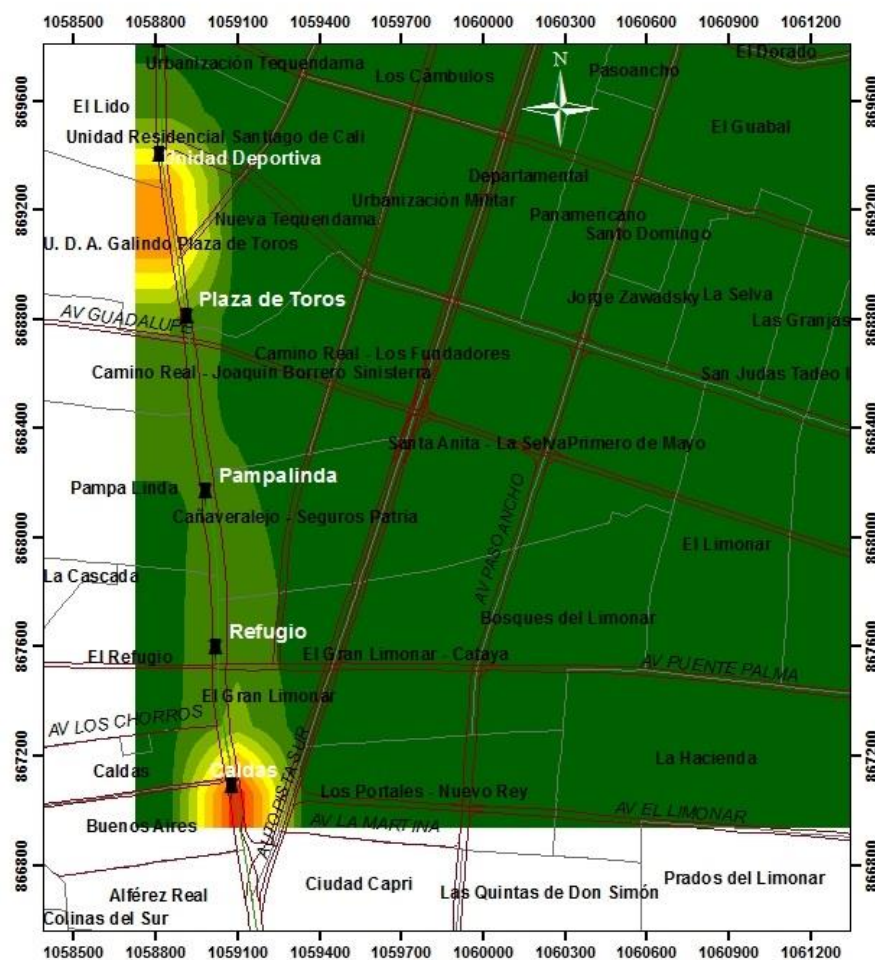
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora  
6:00 a.m.

0,00063 - 0,3	1,3 - 1,5
0,31 - 0,61	1,6 - 1,8
0,62 - 0,91	1,9 - 2,1
0,92 - 1,2	2,2 - 2,4
	2,5 - 2,7



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 1/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse\_Mercator

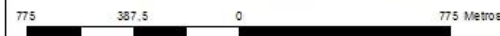
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

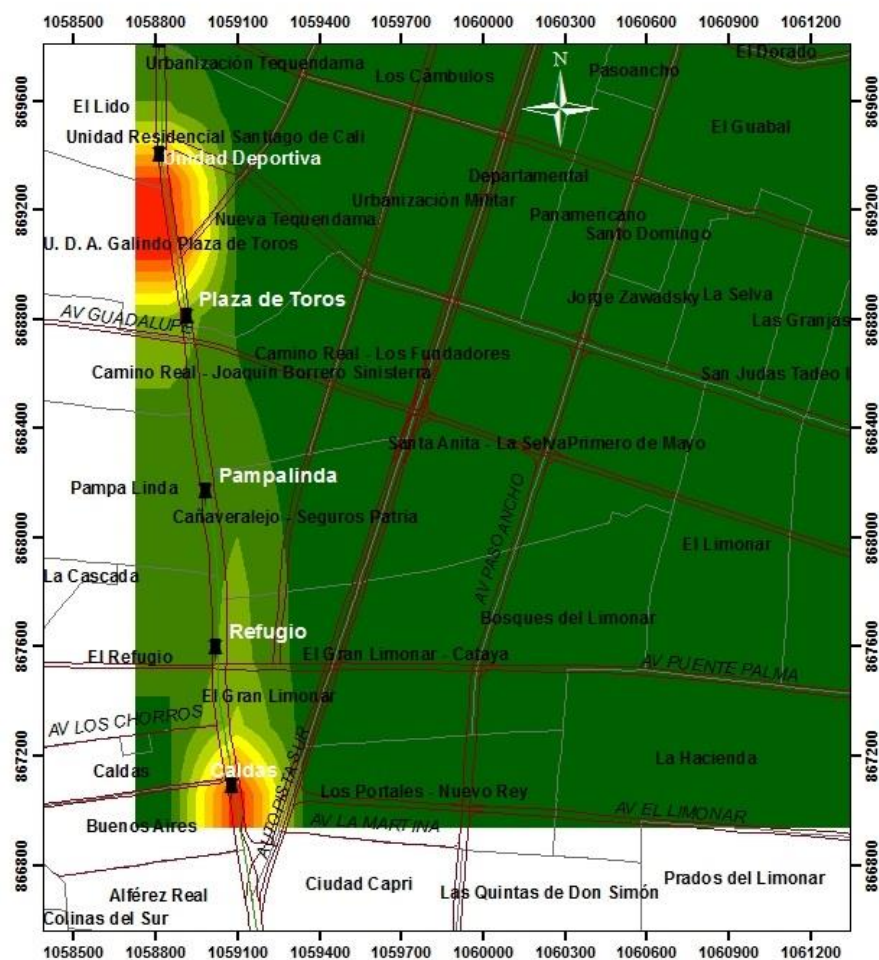
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



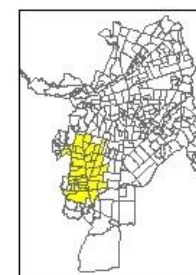


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Leyenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 7:00 a.m.	0,88 - 1,1
Vias Principales	0,00028 - 0,22	1,2 - 1,3
Barrios	0,23 - 0,43	1,4 - 1,5
	0,44 - 0,65	1,6 - 1,7
	0,66 - 0,87	1,8 - 1,9



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 2/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse\_Mercator

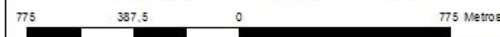
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

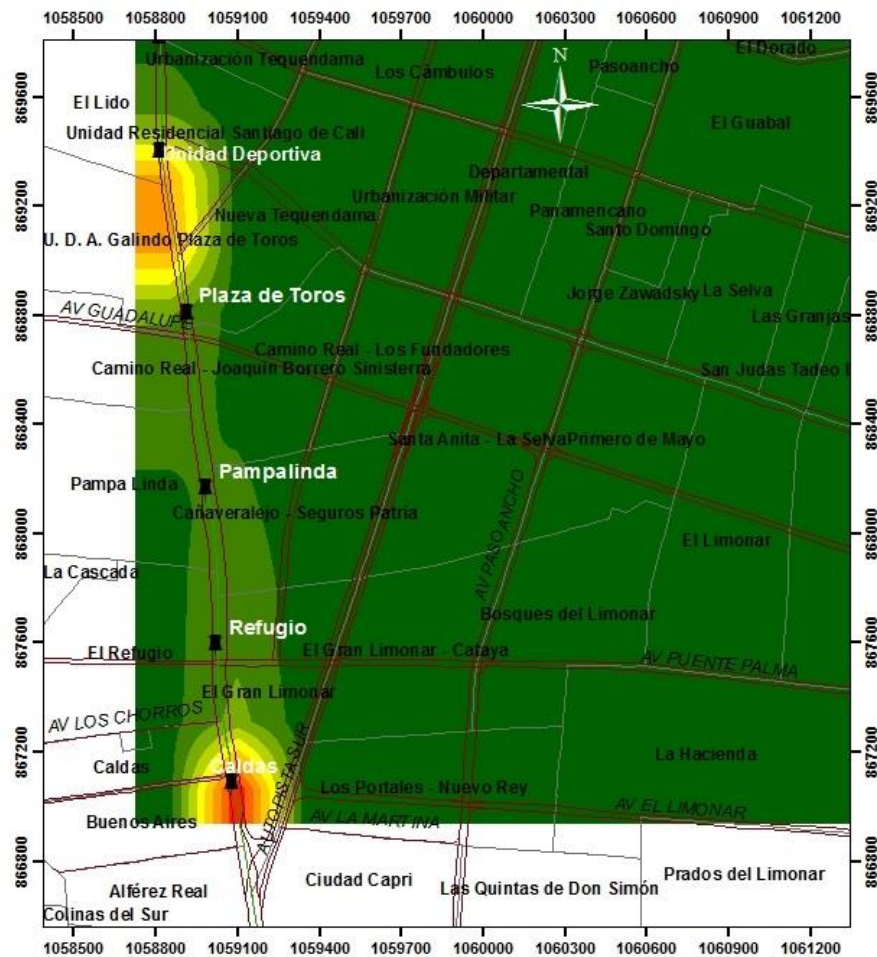
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



**MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.**



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora  
µg/m<sup>3</sup>

8:00 a.m.

0,0035 - 0,55

■ 0,56 - 1,1

1.2 - 1.6

■ 1,7 - 2,2

 2,3 - 2,7

2,8 - 3,3

3.4 - 3.8

3.9 - 4.4

45 - 49

 Estaciones  
MLO

MIO  
Vias

Principales

☐ Barrios

**EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE  $PM_{10}$   
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI**

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 3/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

## SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse\_Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

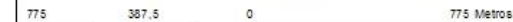
Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,44188333

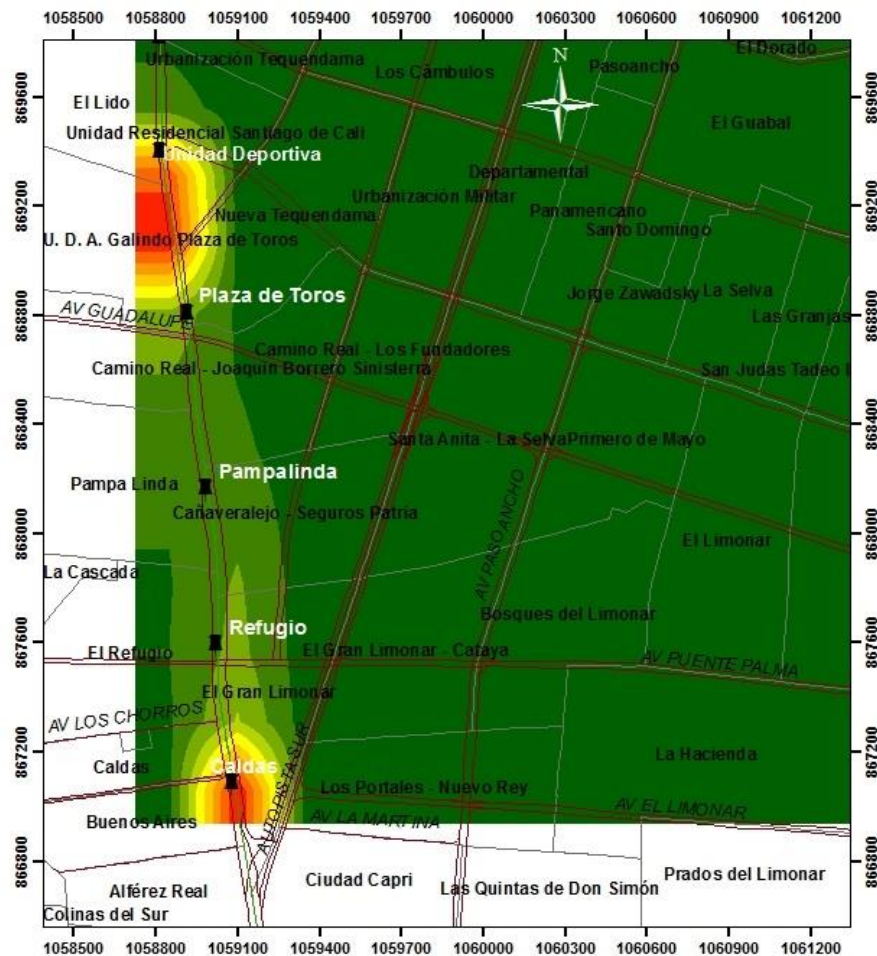
Unidades:            Metros            (m)

387,5	0	775 Metros
-------	---	------------





## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 9:00 a.m.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Estaciones MIO	0,002 - 0,58
Vias Principales	0,59 - 1,2
Barrios	1,3 - 1,7
	1,8 - 2,3
	2,4 - 2,9
	3 - 3,5
	3,6 - 4,1
	4,2 - 4,6
	4,7 - 5,2



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 4/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

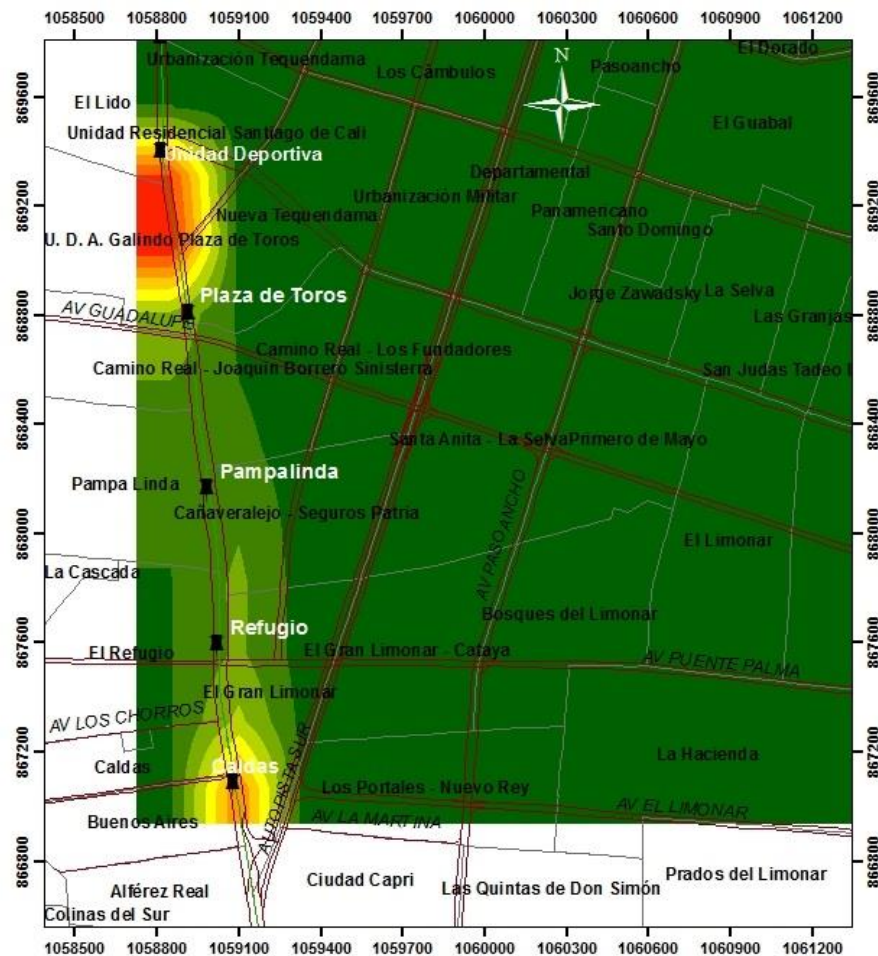
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Legenda

	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora	
	10:00 a.m.	µg/m <sup>3</sup>
Estaciones MIO	0,002 - 0,38	1,6 - 1,9
Vias Principales	0,39 - 0,76	2 - 2,3
Barrios	0,77 - 1,1	2,4 - 2,7
	1,2 - 1,5	2,8 - 3
		3,1 - 3,4



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 5/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

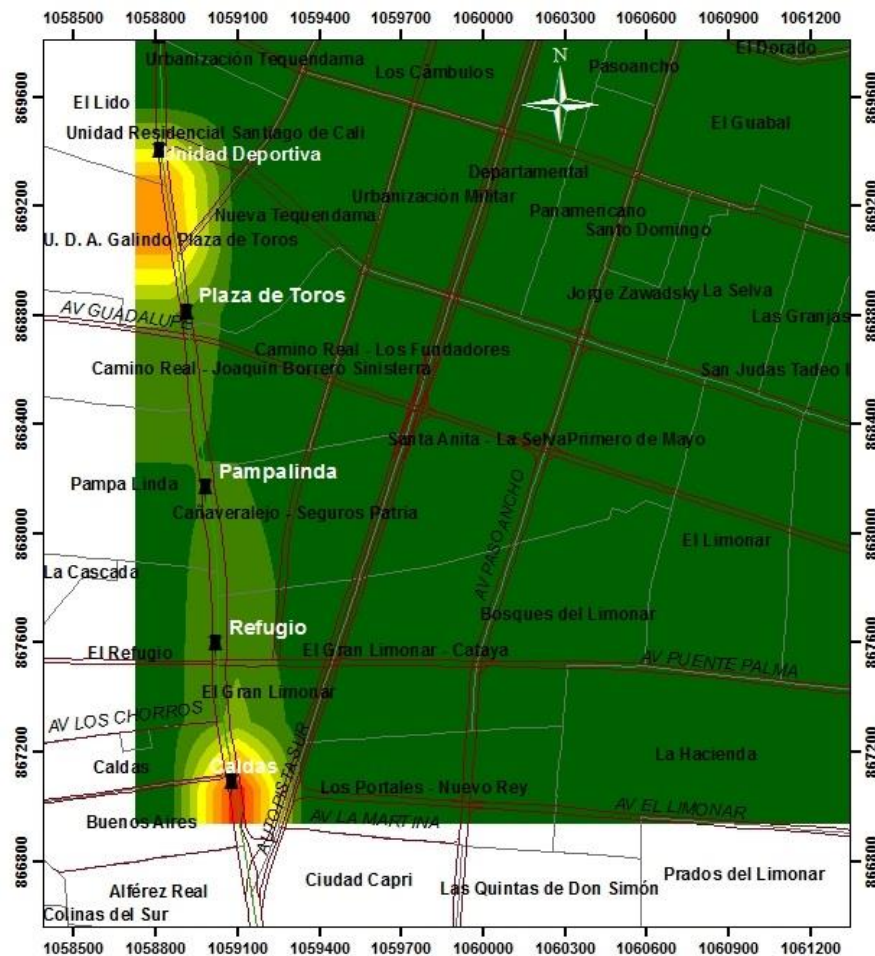
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

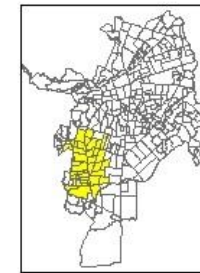


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Leyenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 11:00 a.m.	1,7 - 2
Vías Principales	0,0024 - 0,39	2,1 - 2,3
Barrios	0,4 - 0,78	2,4 - 2,7
	0,79 - 1,2	2,8 - 3,1
	1,3 - 1,6	3,2 - 3,5



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 6/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

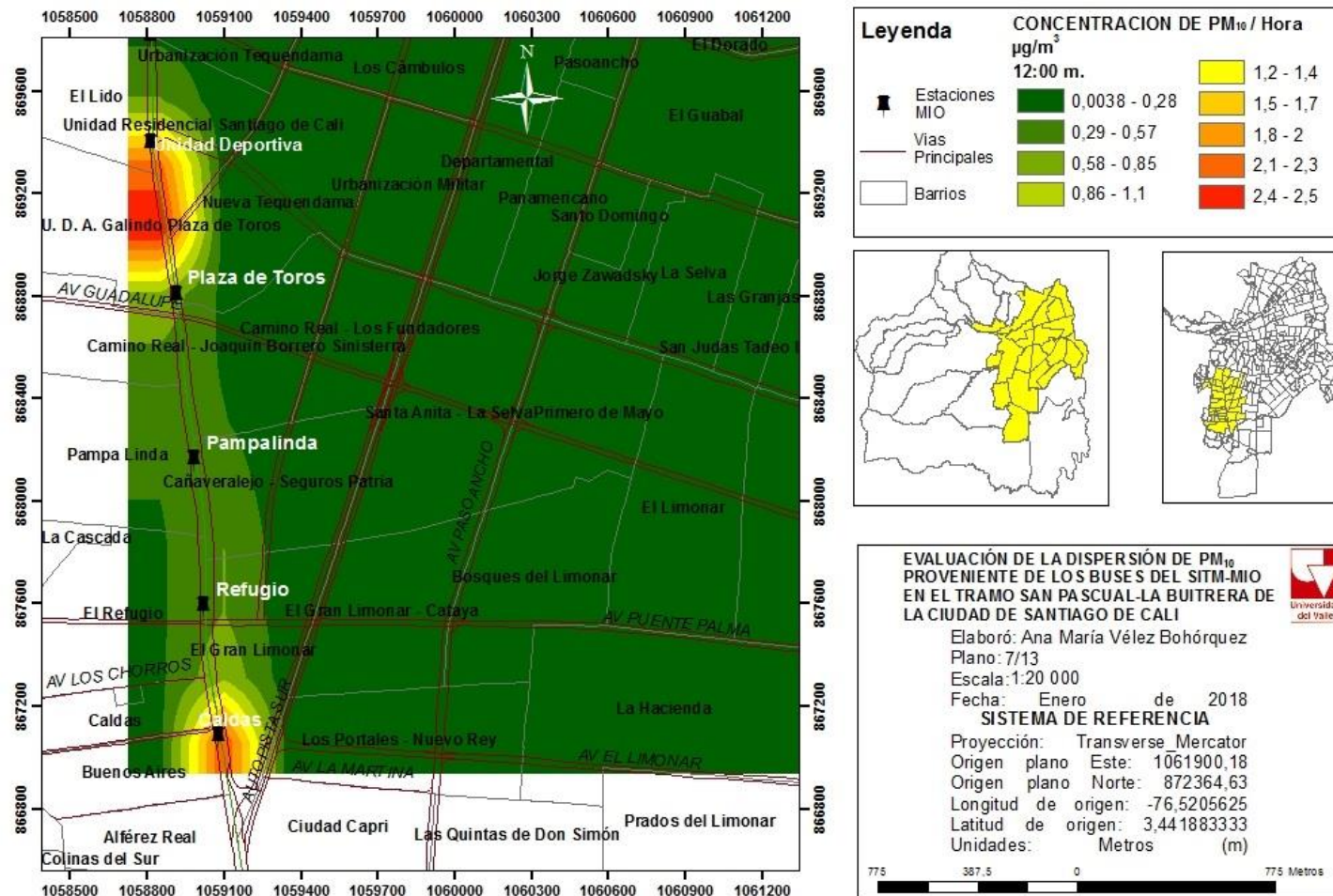
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

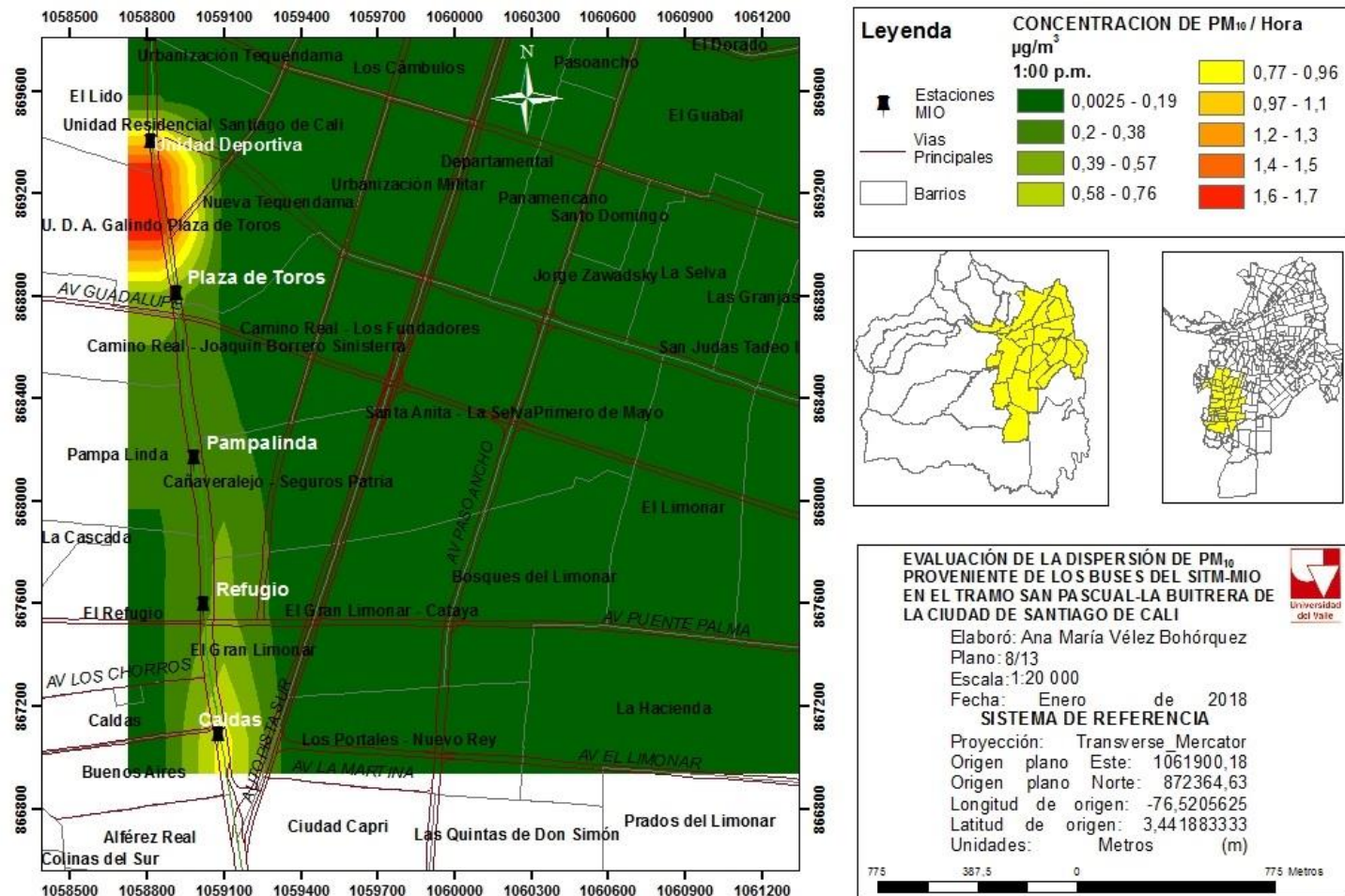
775 387,5 0 775 Metros

## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.

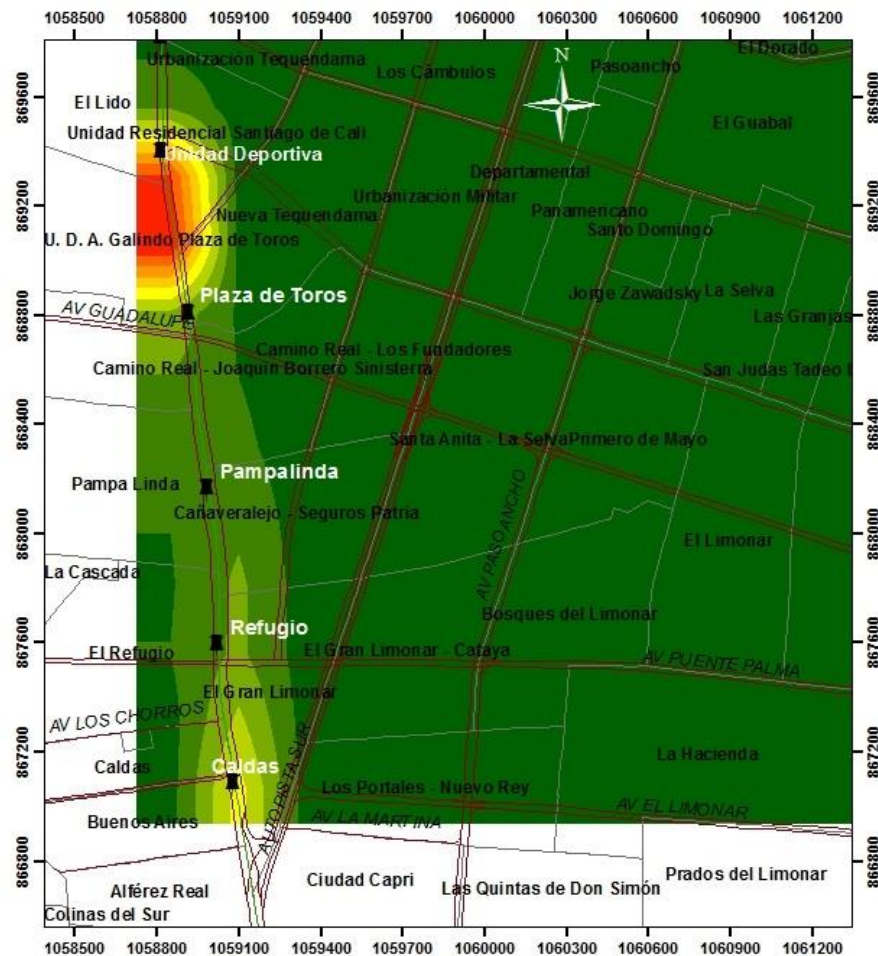




## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.

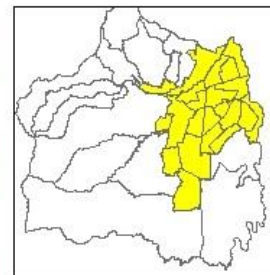


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2:00 p.m.	
0,001 - 0,091	0,37 - 0,45
0,92 - 0,18	0,46 - 0,54
0,19 - 0,27	0,55 - 0,63
0,28 - 0,36	0,64 - 0,72
	0,73 - 0,81



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 9/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

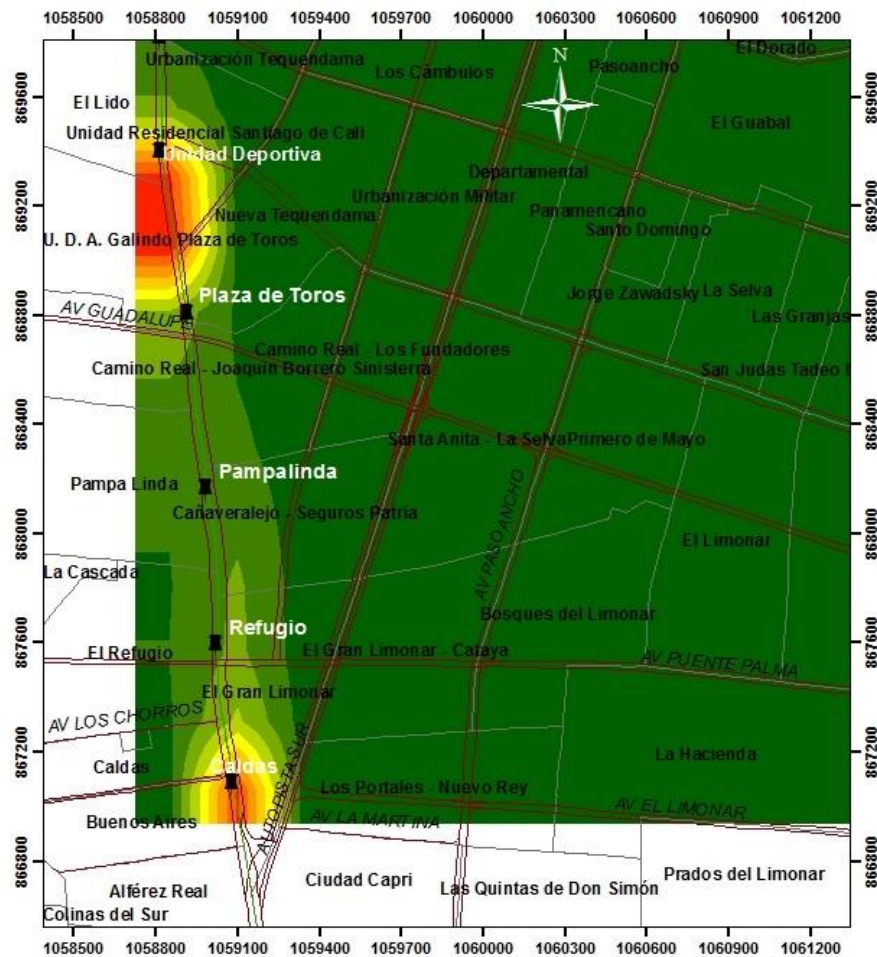
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

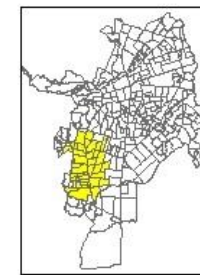


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3:00 p.m.	
0,002 - 0,24	0,96 - 1,2
0,25 - 0,48	1,3 - 1,4
0,49 - 0,71	1,5 - 1,7
0,72 - 0,95	1,8 - 1,9
	2 - 2,1



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 10/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

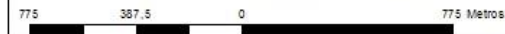
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

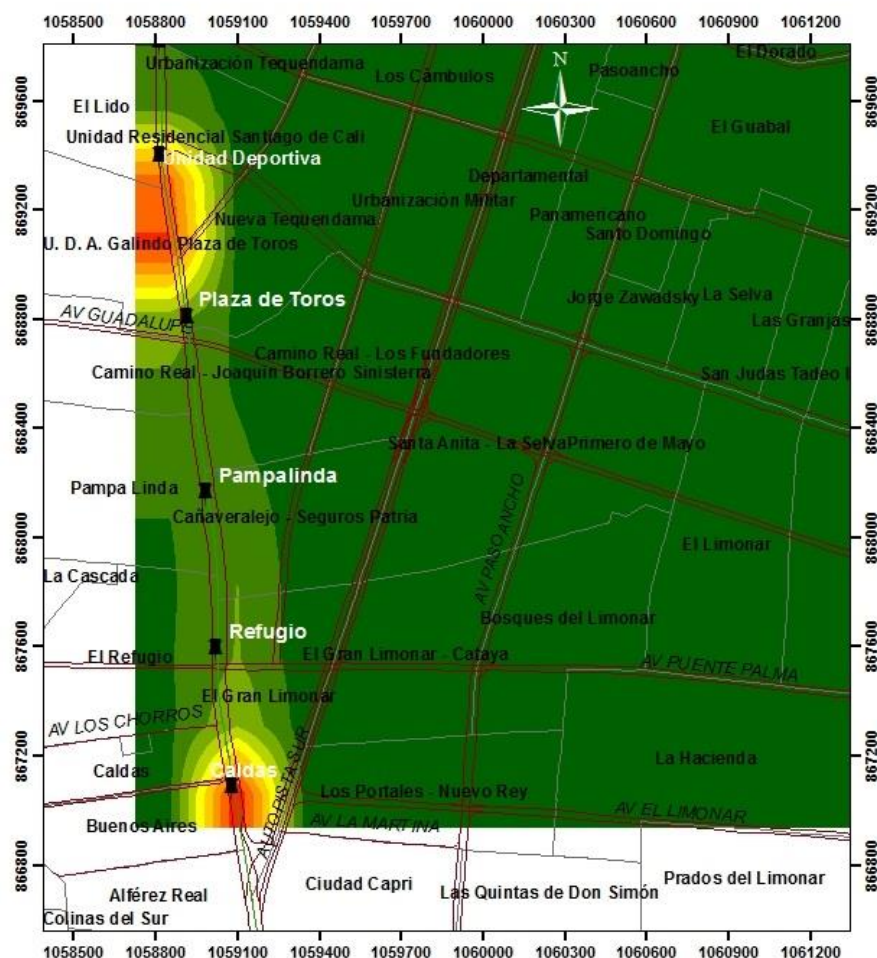
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

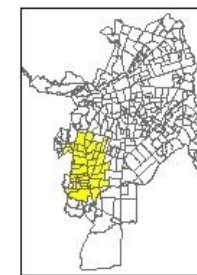


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Legenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 4:00 p.m. µg/m <sup>3</sup>	0,65 - 0,8
Vías Principales	0,0013 - 0,16	0,81 - 0,96
Barrios	0,17 - 0,32	0,97 - 1,1
	0,33 - 0,48	1,2 - 1,3
	0,49 - 0,64	1,4 - 1,4



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 11/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

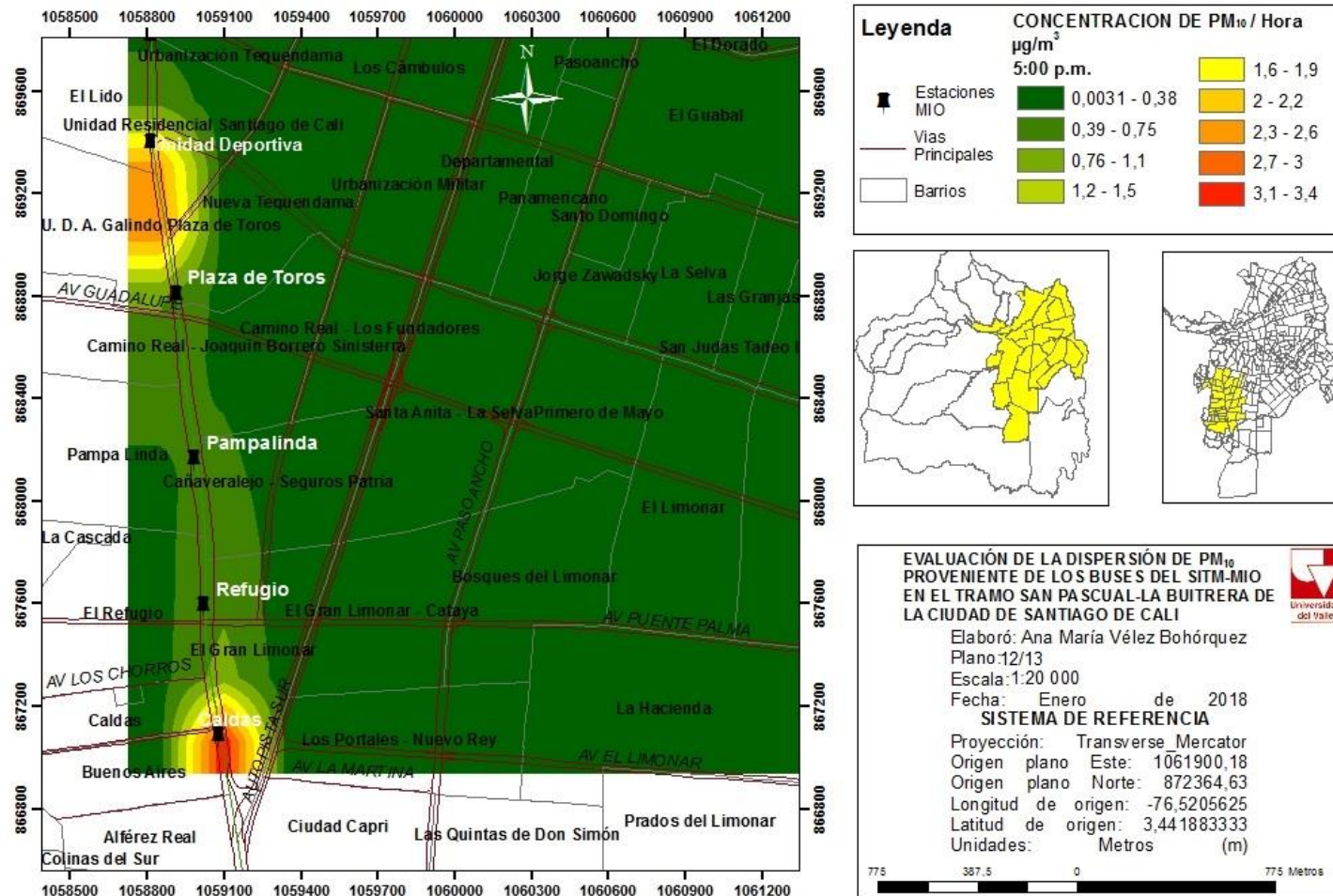
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

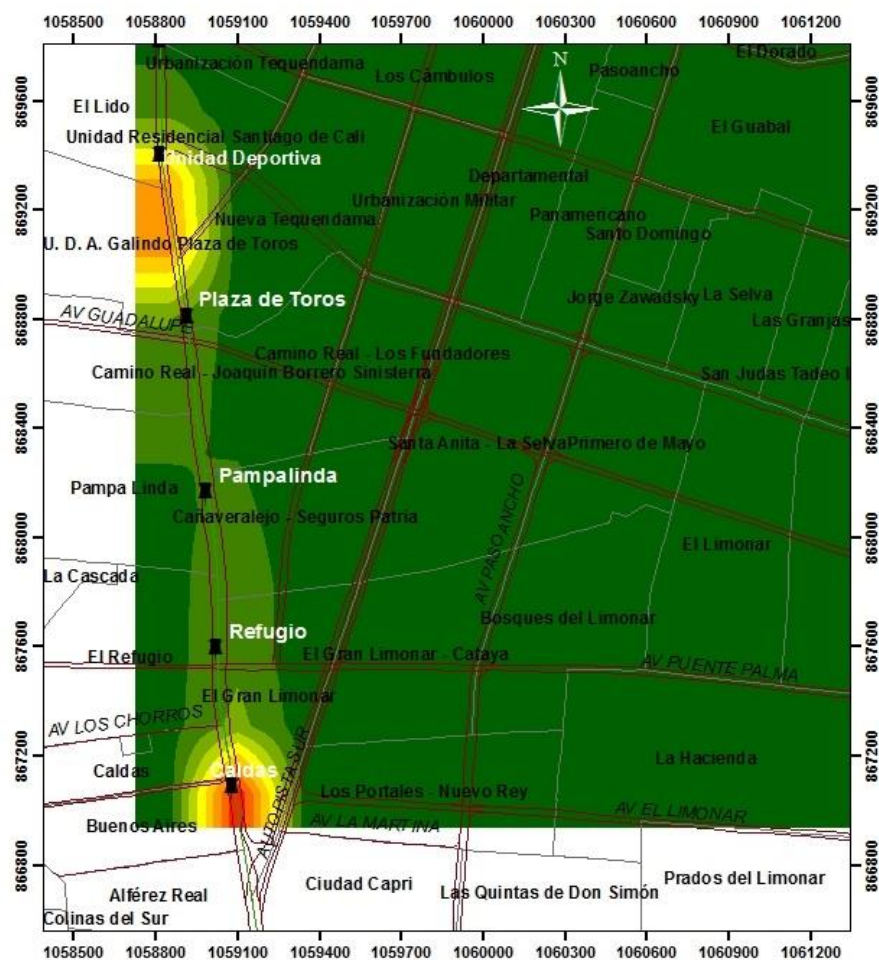
775 387,5 0 775 Metros



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: UNIDAD DEPORTIVA - CALDAS.



### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora  
6:00 p.m.  
µg/m<sup>3</sup>

0,0077 - 0,63	2,6 - 3,1
0,64 - 1,3	3,2 - 3,8
1,4 - 1,9	3,9 - 4,4
2 - 2,5	4,5 - 5
	5,1 - 5,7



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez  
Plano: 13/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

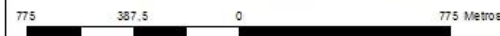
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

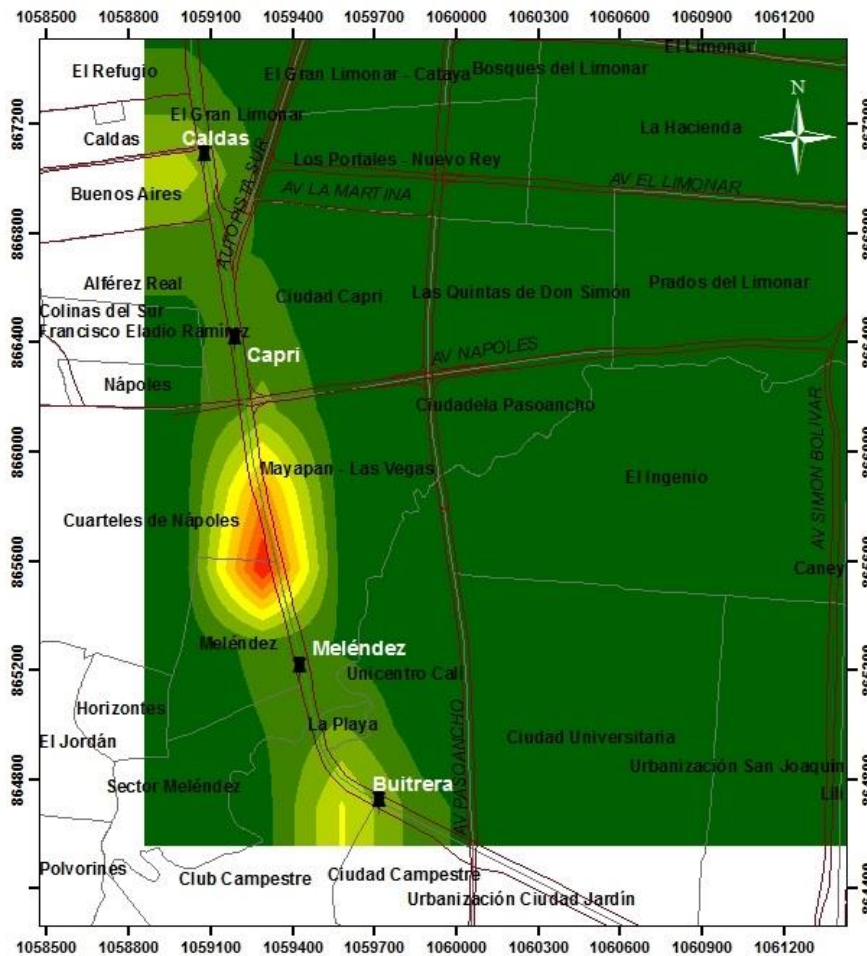
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Legenda



Estaciones  
MIO



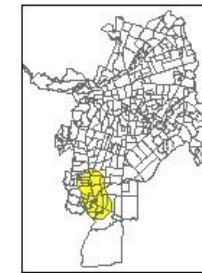
Vias  
Principales



Barrios

### CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora 6:00 a.m.

0,00077 - 0,37	1,6 - 1,8
0,38 - 0,74	1,9 - 2,2
0,75 - 1,1	2,3 - 2,6
1,2 - 1,5	2,7 - 2,9
	3 - 3,3



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 1/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

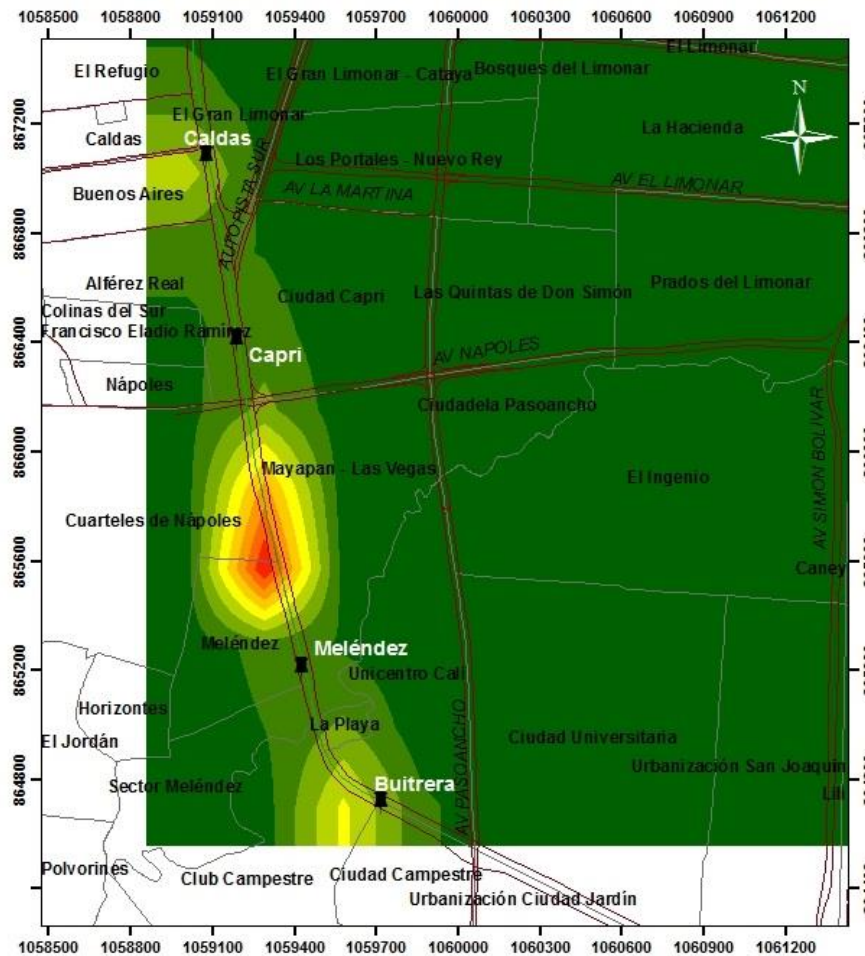
Unidades: Metros (m)



775 387,5 0 775 Metros

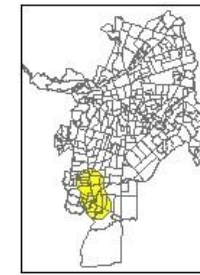


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Legenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 7:00 a.m.	1,2 - 1,3
Vías Principales	0,00035 - 0,26	1,4 - 1,6
Barrios	0,27 - 0,53	1,7 - 1,8
	0,54 - 0,79	1,9 - 2,1
	0,8 - 1,1	2,2 - 2,4



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 2/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

#### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

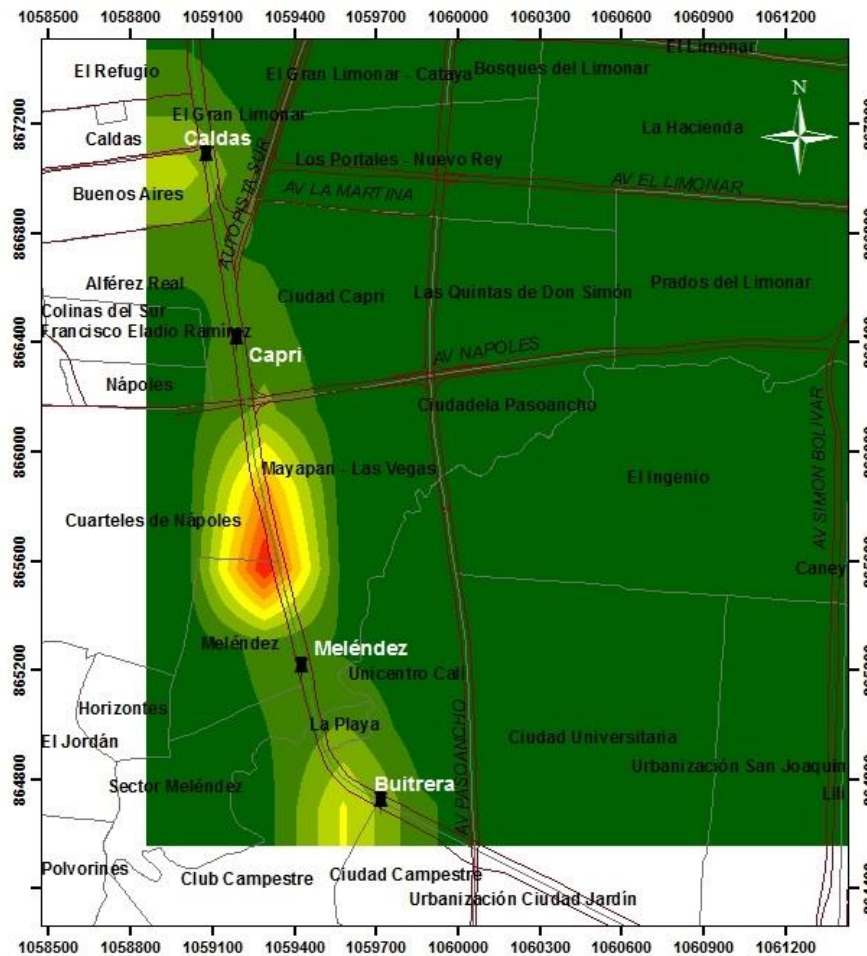
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



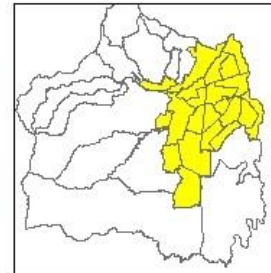
775 387,5 0 775 Metros

## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 8:00 a.m.	
Estaciones MIO	0,0036 - 0,58
Vias Principales	0,59 - 1,2
Barrios	1,3 - 1,7
	1,8 - 2,3
	2,4 - 2,9
	3 - 3,4
	3,5 - 4
	4,1 - 4,6
	4,7 - 5,2



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 3/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

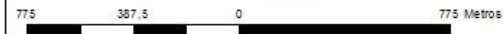
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

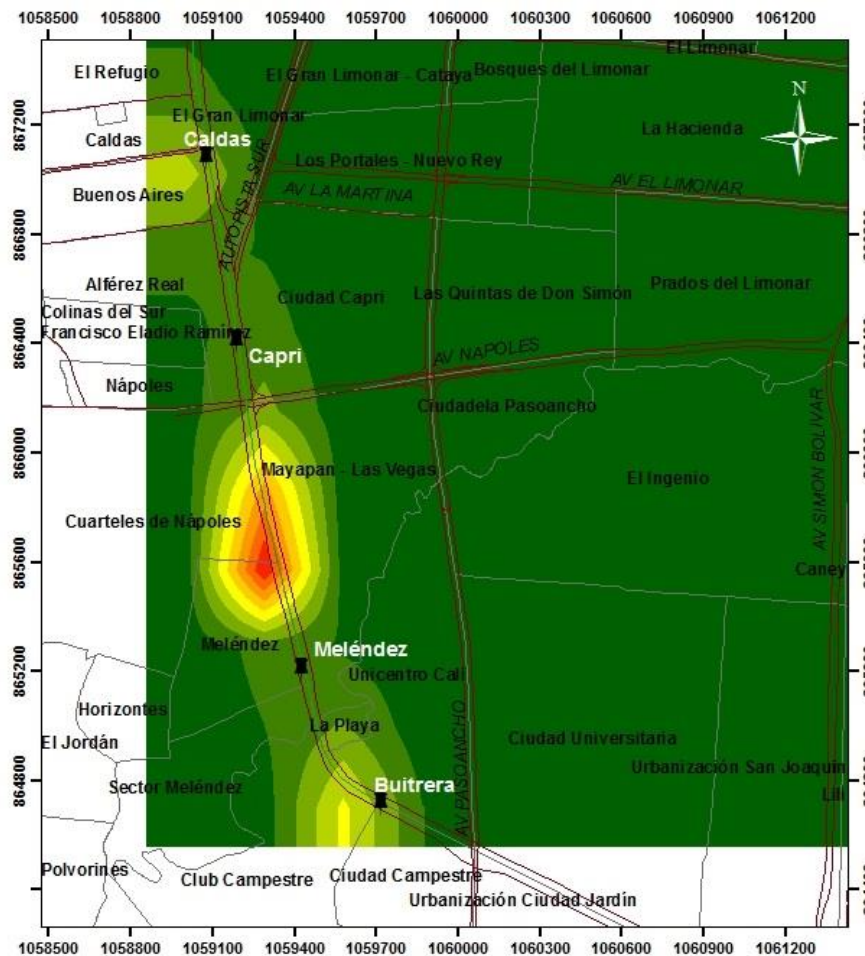
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

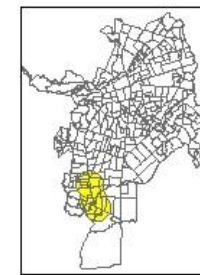
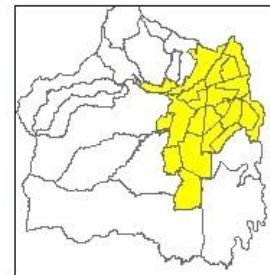


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Legenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 9:00 a.m.	µg/m <sup>3</sup>
Estaciones MIO	0,0021 - 0,61
Vías Principales	0,62 - 1,2
Barrios	1,3 - 1,8
	1,9 - 2,4
	2,5 - 3
	3,1 - 3,7
	3,8 - 4,3
	4,4 - 4,9
	5 - 5,5



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 4/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

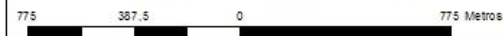
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

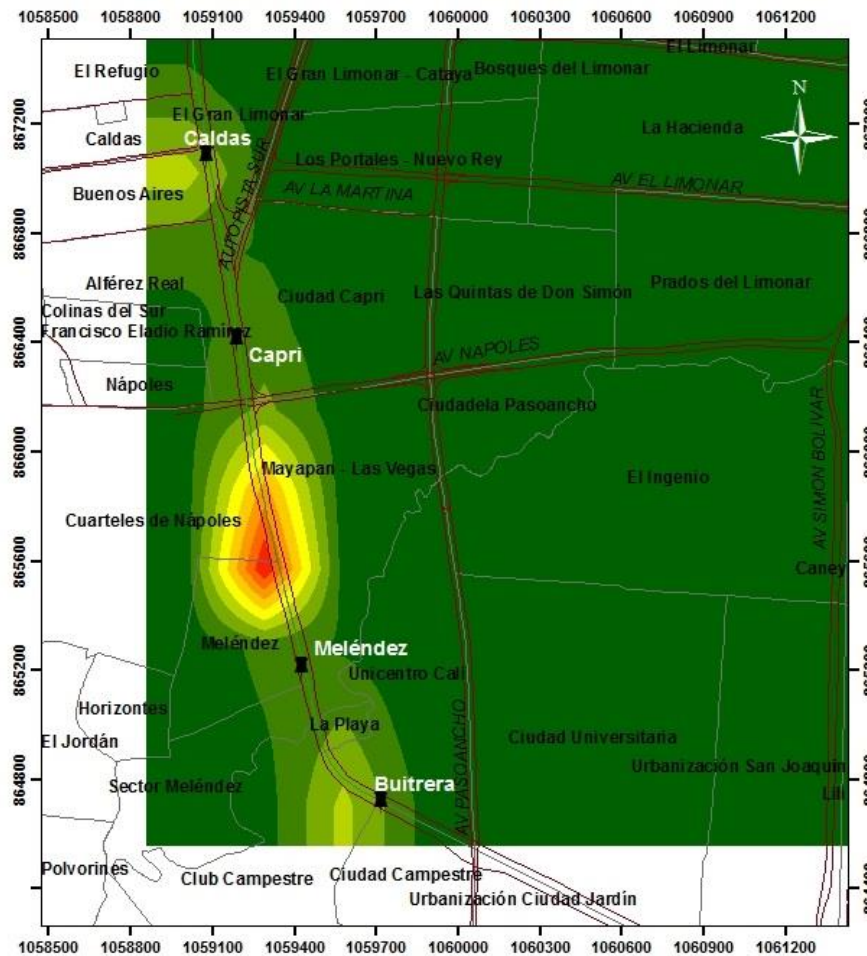
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)





## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.

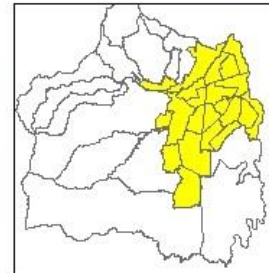


### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora  
µg/m<sup>3</sup>  
10:00 a.m.

0,002 - 0,36	1,5 - 1,8
0,37 - 0,71	1,9 - 2,1
0,72 - 1,1	2,2 - 2,5
1,2 - 1,4	2,6 - 2,8
	2,9 - 3,2



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 5/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

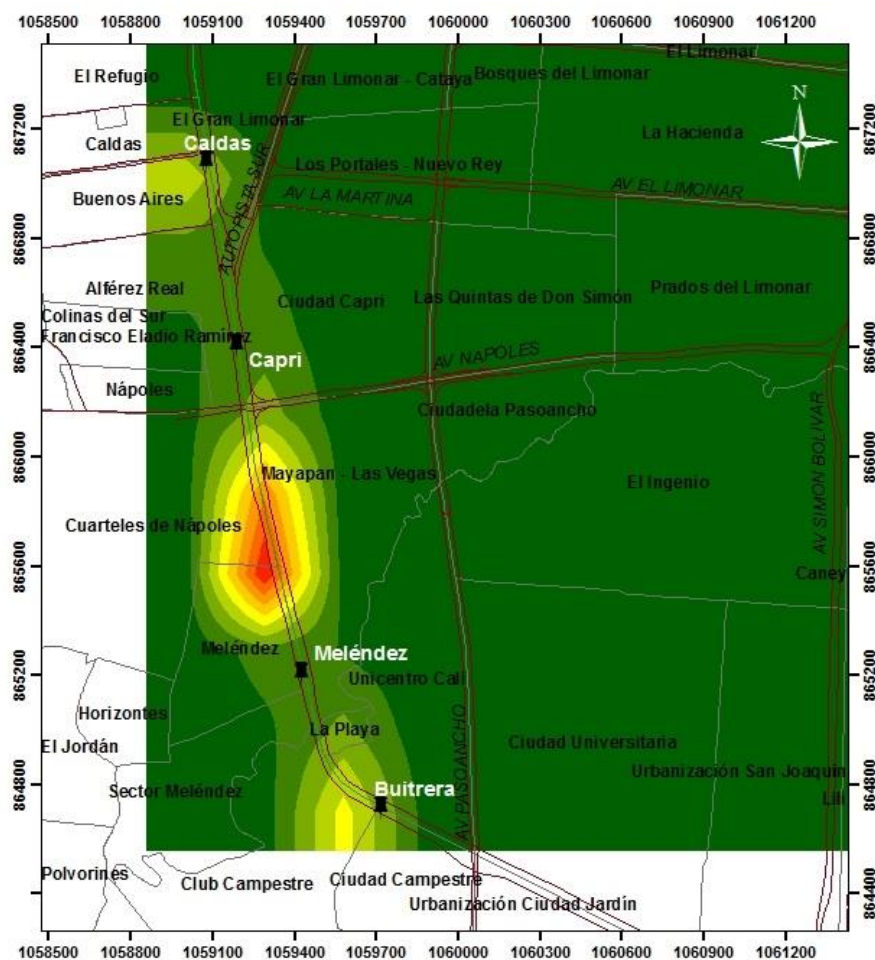
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

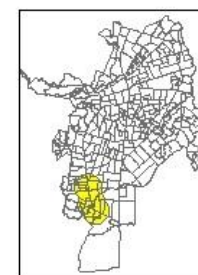
## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 11:00 a.m. µg/m <sup>3</sup>	
0,0024 - 0,38	1,6 - 1,9
0,39 - 0,76	2 - 2,3
0,77 - 1,1	2,4 - 2,7
1,2 - 1,5	2,8 - 3,1
	3,2 - 3,4



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 6/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

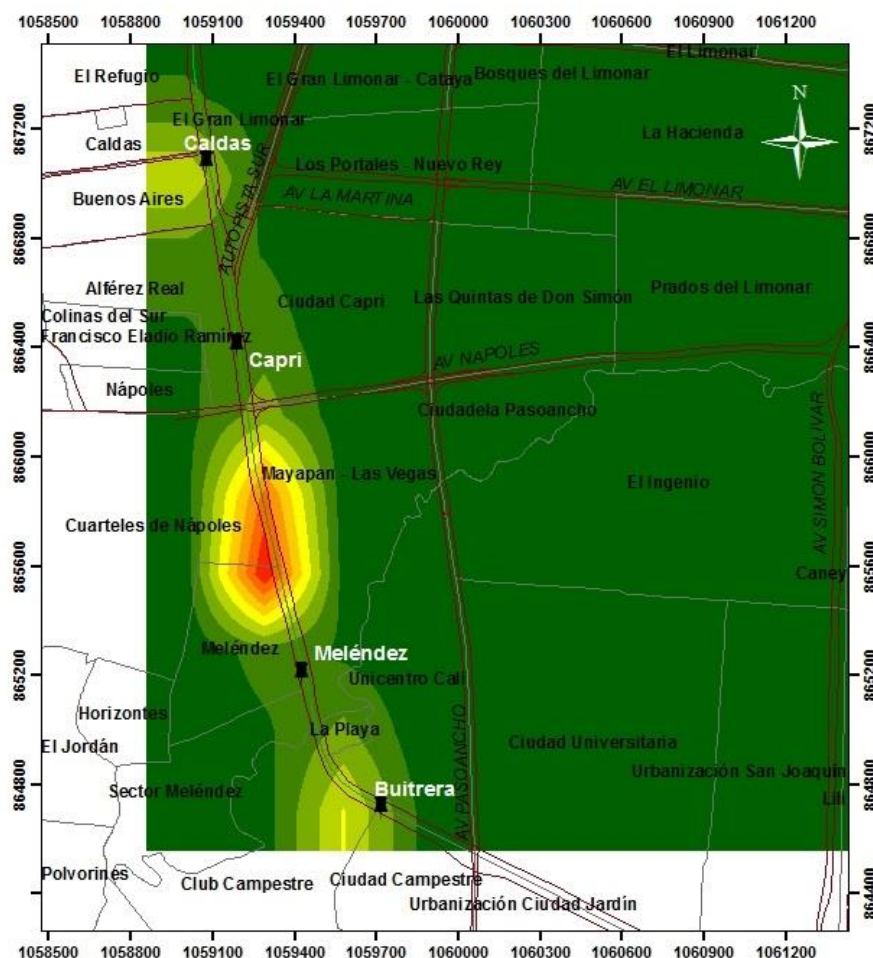
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

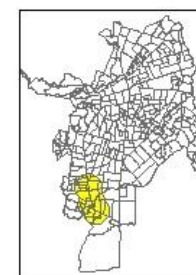
## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 12:00 m.	
0,0038 - 0,35	1,5 - 1,8
0,36 - 0,71	1,9 - 2,1
0,72 - 1,1	2,2 - 2,5
1,2 - 1,4	2,6 - 2,8
	2,9 - 3,2



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 7/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

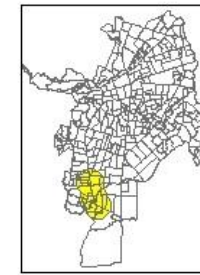
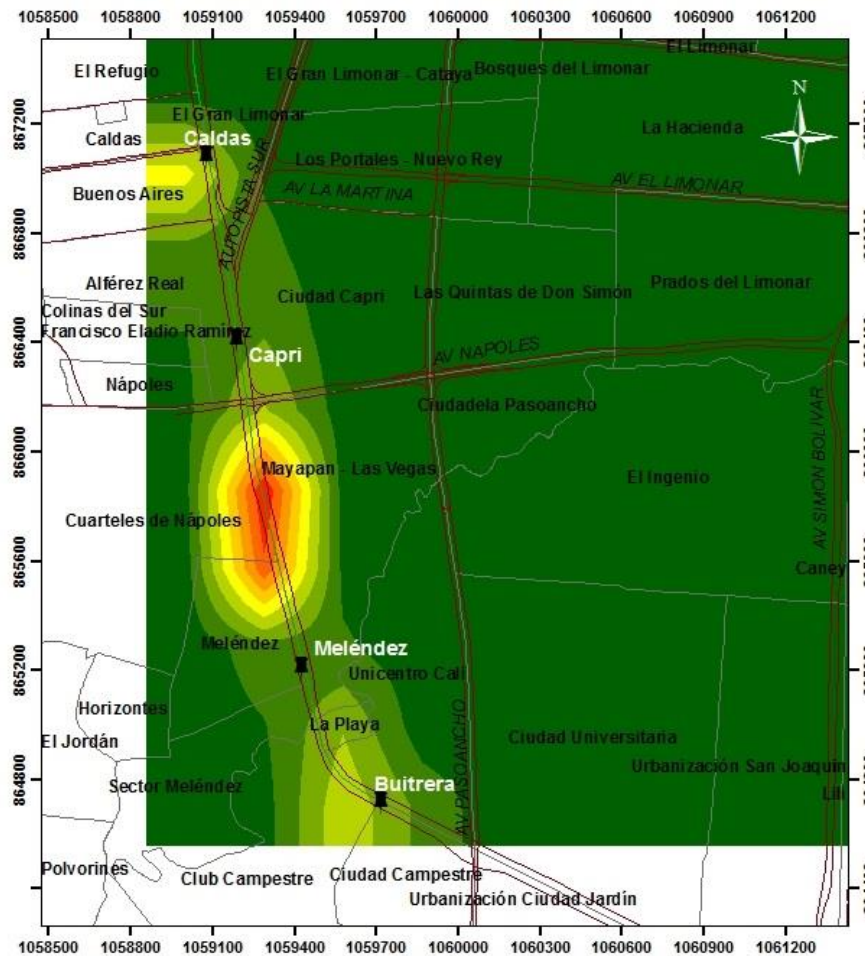
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 8/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

**SISTEMA DE REFERENCIA**

Proyección: Transverse Mercator

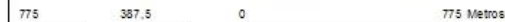
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

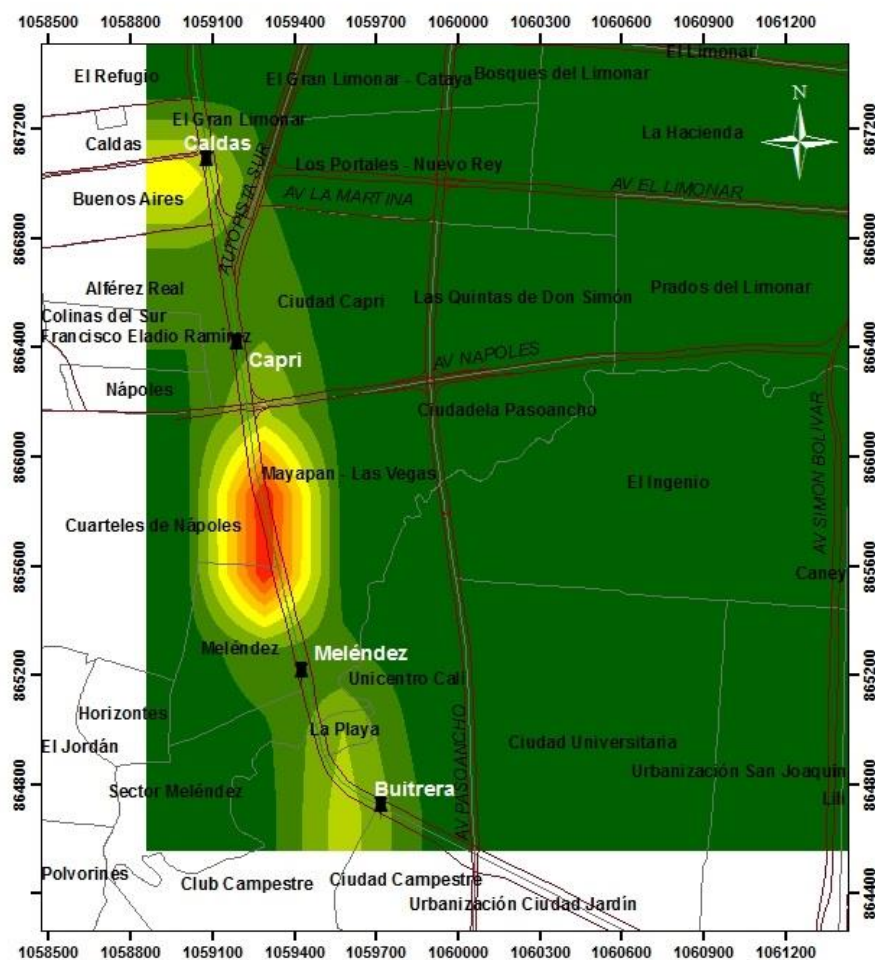
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Legenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

### CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora

µg/m<sup>3</sup>

2:00 p.m.

0,0011 - 0,13	0,52 - 0,64
0,14 - 0,26	0,65 - 0,77
0,27 - 0,39	0,78 - 0,9
0,4 - 0,51	0,91 - 1
	1,1 - 1,2



### EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub> PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 9/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

### SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

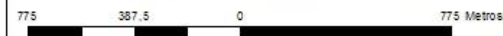
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

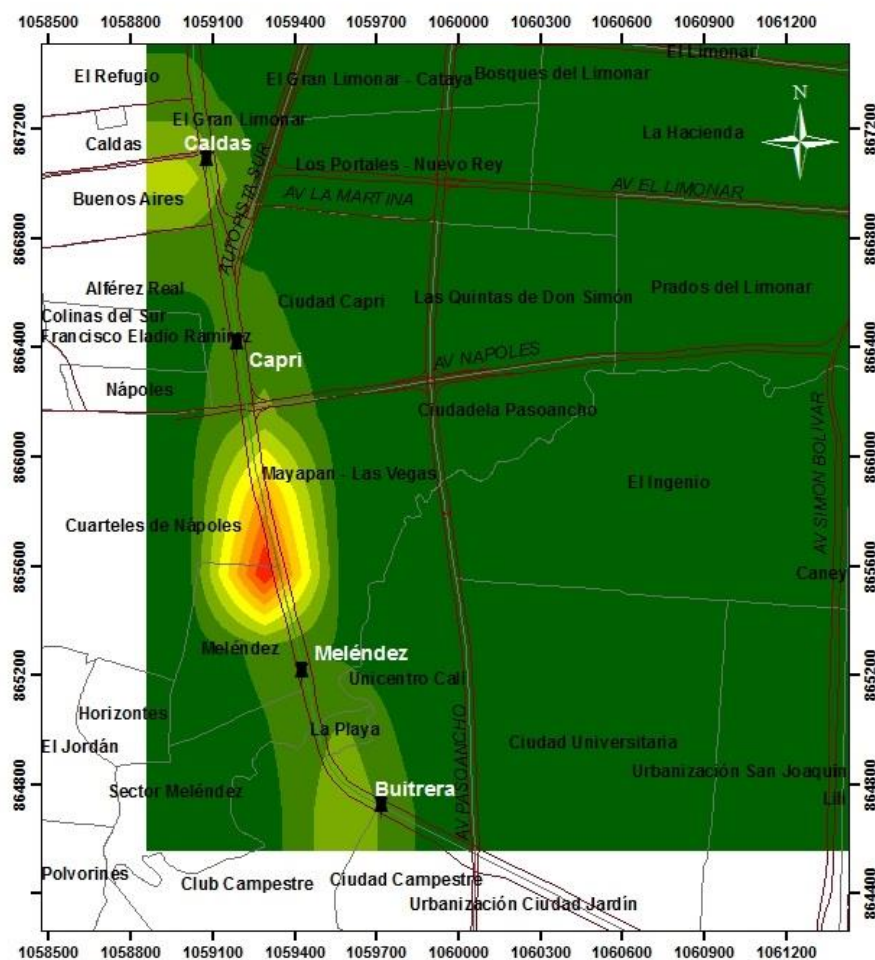
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.

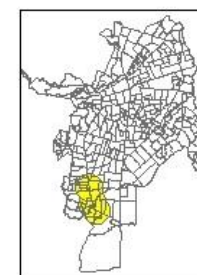


### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora  
3:00 p.m.  
µg/m<sup>3</sup>

0,0022 - 0,27	1,2 - 1,4
0,28 - 0,55	1,5 - 1,6
0,56 - 0,82	1,7 - 1,9
0,83 - 1,1	2 - 2,2
	2,3 - 2,5



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez  
Plano: 10/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

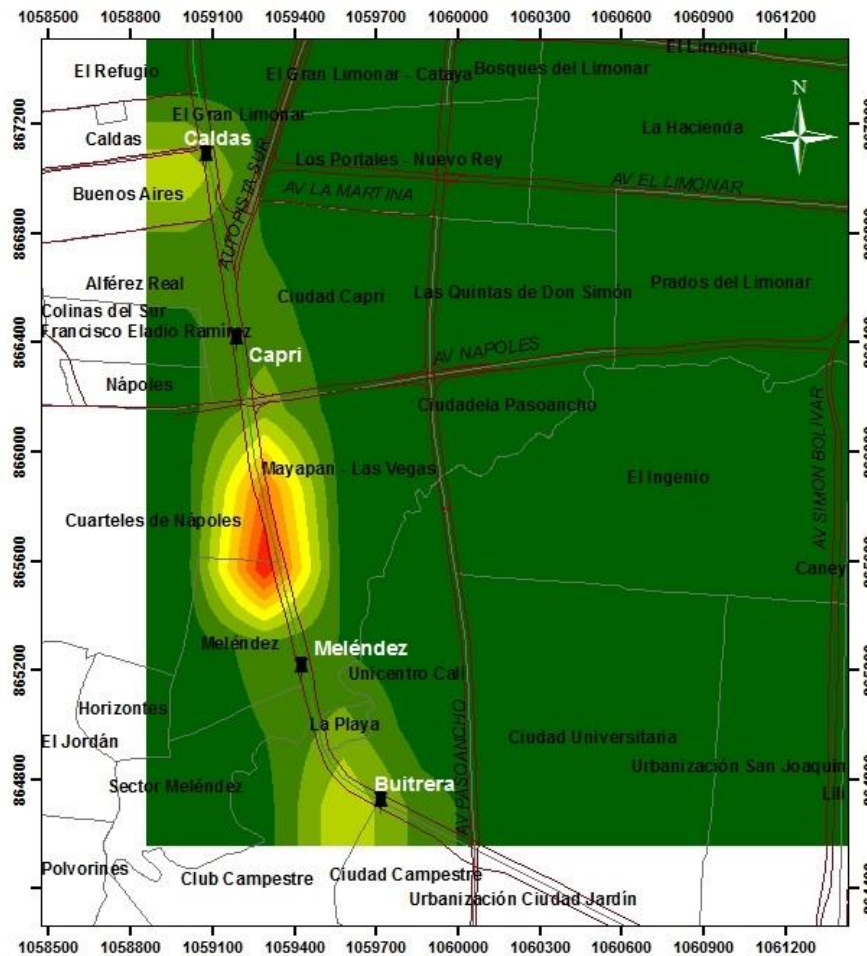
Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

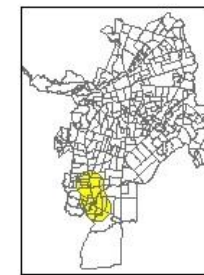
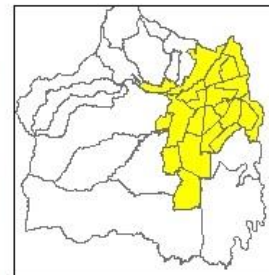


## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Leyenda

CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora µg/m <sup>3</sup> 4:00 p.m.	
0,0016 - 0,2	0,82 - 1
0,21 - 0,41	1,1 - 1,2
0,42 - 0,61	1,3 - 1,4
0,62 - 0,81	1,5 - 1,6
	1,7 - 1,8



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 11/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

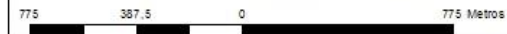
Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

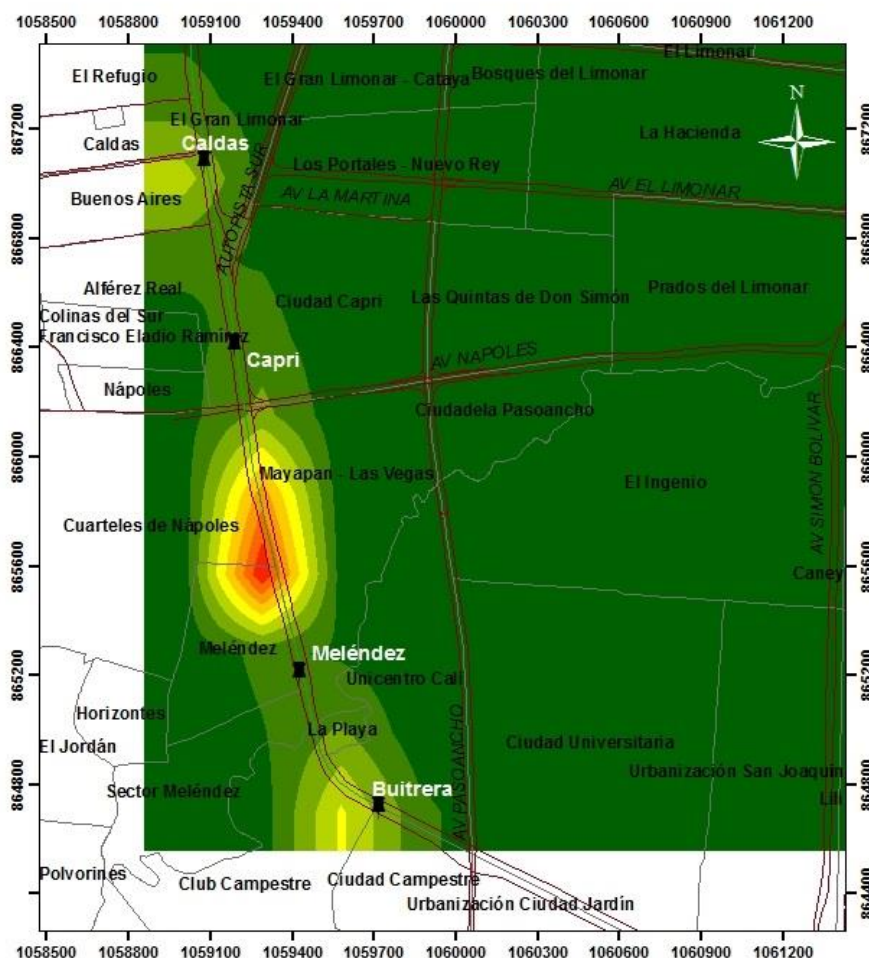
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)



## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



### Leyenda

Estaciones MIO	CONCENTRACION DE PM <sub>10</sub> / Hora 5:00 p.m.	
	0,0032 - 0,38	1,6 - 1,9
Vias Principales	0,39 - 0,75	2 - 2,3
	0,76 - 1,1	2,4 - 2,6
Barrios	1,2 - 1,5	2,7 - 3
		3,1 - 3,4



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 12/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

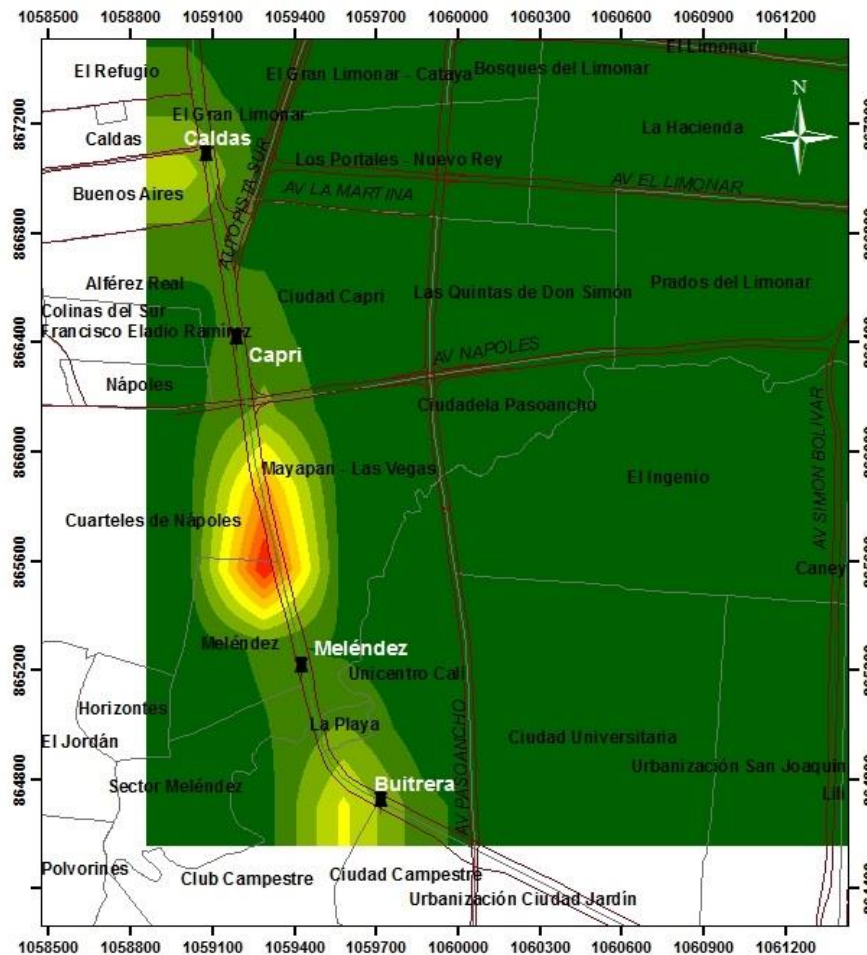
Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros

## MODELACIÓN DISPERSIÓN PM<sub>10</sub> TRAMO: CALDAS - LA BUITRERA.



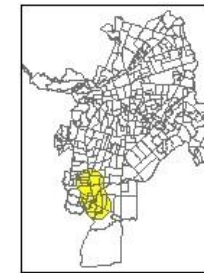
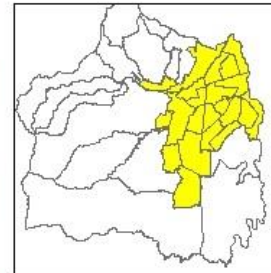
### Leyenda

- Estaciones MIO
- Vías Principales
- Barrios

CONCENTRACION DE PM<sub>10</sub> / Hora  
μg/m<sup>3</sup>

6:00 p.m.

0,0074 - 0,67	2,8 - 3,3
0,68 - 1,3	3,4 - 4
1,4 - 2	4,1 - 4,6
2,1 - 2,7	4,7 - 5,3
	5,4 - 6



EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PM<sub>10</sub>  
PROVENIENTE DE LOS BUSES DEL SITM-MIO  
EN EL TRAMO SAN PASCUAL-LA BUITRERA DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

Elaboró: Ana María Vélez Bohórquez

Plano: 13/13

Escala: 1:20 000

Fecha: Enero de 2018

SISTEMA DE REFERENCIA

Proyección: Transverse Mercator

Origen plano Este: 1061900,18

Origen plano Norte: 872364,63

Longitud de origen: -76,5205625

Latitud de origen: 3,441883333

Unidades: Metros (m)

775 387,5 0 775 Metros